

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



**POROVNÁNÍ LABORATORNÍCH VLASTNOSTÍ
KAROSÁŘSKÝCH LEPIDEL S JEJICH
CHOVÁNÍM V REÁLNÉM CRASH TESTU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program M2301 – Strojní inženýrství

Strojírenská technologie
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

**Porovnání laboratorních vlastností karosářských lepidel s jejich
chováním v reálném crash testu**

**Comparison of laboratory properties of automobile body
adhesives with their behaviour in an actual crash test**

Radek Štrobach

KSP - TP

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Doubek, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran 72

Počet tabulek 8

Počet příloh 36

Počet obrázků 41

Datum: 27.05.2011



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Radek Š T R O B A C H

Studijní program

M 2301 Strojní inženýrství

Obor

2303T002 Strojírenská technologie

Zaměření

Tváření kovů a plastů

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Porovnání laboratorních vlastností karosářských lepidel s jejich chováním v reálném crash testu

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Seznámení se s problematikou technologie lepení karosářských výlisků.
2. Základní technologické a procesní podmínky mající vliv na crashovou pevnost lepených spojů karosářských výlisků (použité lepidlo, korozní zatížení)
3. Experimentální určení optimálního typu lepidla pro dosažení požadované crashové pevnosti výlisku s ohledem na korozní stárnutí.
4. Experimentální určení možnosti použití základních zkoušek pevnosti lepených spojů pro hodnocení crashové odolnosti u daného dílu.
5. Vyhodnocení získaných výsledků.
6. Závěr

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva cca 50 stran

- grafické práce

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

- /1/ PETERKA, J.: Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství, SNTL Praha, 1980.
- /2/ Články v odborných časopisech
- /3/ KOVAČIČ, L.: Lepenie kovov a plastov, SNTL Praha, Bratislava Alfa 1979
- /4/ Technické materiály od výrobců a zpracovatelů lepidel a plechů

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Doubek, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.

L. S.

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
CSc.

vedoucí katedry

prof. Ing. Petr Louda,

děkan

V Liberci dne 27.05. 2011

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ).
Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: M2301 – Strojní inženýrství

Diplomant: Radek Štrobach

Téma práce: Porovnání laboratorních vlastností karosářských lepidel s jejich chováním v reálném crash testu
Comparison of laboratory properties of automobile body adhesives with their behaviour in an actual crash test

Číslo DP: KSP - TP

Vedoucí DP: Ing. Pavel Doubek, Ph.D.

Konzultant: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá problematikou zjišťování vlivu laboratorních a procesních způsobů vytvrzování a korozního zatížení na vlastnosti lepeného spoje u rozdílných typů lepidel, používaných v konstrukci karoserie automobilu. V teoretické části jsou popsány základní charakteristiky týkající se lepení karosářských výlisků. V experimentální části jsou realizovány zkušební testy lepených spojů dle příslušných zkušebních metod a reálně používaných postupů a bariérových testů. V práci jsou porovnávány výsledky normalizovaných zkoušek pro lepené spoje s výsledky bariérového testu reálného dílu.

Abstract:

The dissertation deals with problems of detecting effects of laboratory and process procedures of hardening and corrosion loading on properties of the adhesive joint with different types of adhesives used in the automobile body design. Basic characteristics related to body pressed part adhesiving are described in the theoretical section of the work. The experimental chapter includes description of adhesive joint tests performed in accordance with the relevant testing methods and actually used procedures and barrier tests. Results of standardized adhesive joint tests with those from barrier tests of an actual part are compared in the dissertation.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 27. května 2011

.....
Radek Štrobach
B. Němcové 666
293 01 Mladá Boleslav

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Pavlu Doubkovi, Ph.D. za odbornou pomoc při provádění experimentální části, za cenné připomínky a podněty poskytnuté během vypracovávání zvoleného tématu. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Lubomíru Rolečkovi za poskytnutí potřebných informací a odbornou pomoc a Ing. Petrovi Harsovi za pomoc při přípravě testovaných vzorků.

Své manželce Mirce, dětem Aničce a Radečkovi touto cestou děkuji za vytvoření podmínek a zázemí ke studiu na vysoké škole.

.



OBSAH

1 Úvod	9
2 Teoretická část	11
2.1 Konstrukce automobilu	11
2.2 Lepení karosářských výlisků	12
2.2.1 Základy teorie lepení	13
2.2.2 Příprava materiálů na lepení	15
2.2.3 Rozdělení lepidel	16
2.2.4 Přednosti a nedostatky lepených spojů	18
2.2.5 Hodnocení lepených spojů	19
2.2.6 Provozní kontrola vyplnění lemů	22
2.2.7 Alternativní způsob pojišťování lemů	26
3 Experimentální část	29
3.1 Cíle experimentu	29
3.2 Charakteristika použitých materiálů	30
3.2.1 Použitá lepidla	30
3.2.2 Použité substráty	32
3.2.3 Použité mazivo	34
3.3 Metody vyhodnocení testovaných vzorků	34
3.3.1 Stanovení pevnosti v odlupu dle ISO 11339	34
3.3.2 Stanovení smykové pevnosti v tahu dle PV 12.35	36
3.3.3 Stanovení dynamické odolnosti dle ISO 11343	37
3.3.4 Vyhodnocení podle typu porušení dle ISO 10365	38
3.4 Metody vyhodnocení testovaných dveří	40
3.4.1 Reálný crash test	40
3.4.2 Vyhodnocení porušení u testovaných dveří	41
3.5 Příprava vzorků	41
3.6 Výroba dveří	42
3.7 Charakteristika vytvrzení vzorků a dveří	43
3.8 Korozní zatížení vzorků a typických dveří	44



4	Naměřené výsledky	46
4.1	Pevnost v odlupu dle ISO 11339	47
4.2	Smyková pevnost v tahu dle PV 12.35	48
4.3	Dynamická odolnost dle ISO 11343	49
5	Vyhodnocení výsledků	50
5.1	Hodnocení BETAMATE 1496F	51
5.2	Hodnocení SikaPower 492G	56
5.3	Hodnocení BETAGUARD RB 214BV	61
5.4	Vyhodnocení výsledků	66
6	Závěr	69
7	Seznam použité literatury	70
8	Seznam příloh	71



Seznam použitých zkratk a symbolů

AF	- adhezní porušení lepeného spoje
CF	- kohezní porušení lepeného spoje
SCF	- speciální kohezní porušení lepeného spoje
HDG	- ocelový plech žárově pozinkovaný
NIT	- ocelový plech žárově nebo elektrolyticky pozinkovaný
σ_s	- odlupovací pevnost [N/mm]
τ	- smyková pevnost [MPa]
s	- směrodatná odchylka
p_s	- rázová odlupovací pevnost [N/mm]
F_{SO}	- střední odlupovací síla [N]
F_{MAX}	- maximální tahová síla [N]
obr.	- obrázek
tab.	- tabulka
resp.	- respektive
tzv.	- takzvaný
tzn.	- to znamená
např.	- například
aj.	- a jiné
KTL	- kataforický základní nátěr
Zn	- zinek
PVC	- polyvinylchlorid



1 ÚVOD [1]

Nárůst požadavků na technickou úroveň konstrukce automobilů se projevuje v poslední době velmi intenzivně i v oblasti spojování materiálů, kde lepení je často jedinou spojovací metodou, která nenarušuje vlastnosti spojovaných materiálů, poskytuje nové vhodnější kombinační schopnosti spojovaných materiálů a dovoluje získat i vlastnosti, které jiným způsobem dosažitelné. Lepené spoje významně zvyšují pevnost i tuhost konstrukčních prvků a výrazně zvyšují celkovou bezpečnost konstrukce karoserie při jejím namáhání v provozním režimu. V současnosti jsou již technologie lepení jako metody spojování materiálů používaných ve stavbě osobních i nákladních automobilů zcela nepostradatelné.

K tomu, aby nám lepené spoje dobře sloužily, je důležité znát nejen vlastnosti lepidel a lepených materiálů, ale i způsob, jakým budou lepené materiály namáhány. K tomu nám slouží testování lepidel dle zkušebních metod, které nám dává poznatky o vlastnostech a chování lepidel při jejich aplikaci v místě lepených spojů.

Dalšími metodami, kterými lze hodnotit lepené konstrukční spoje v automobilovém průmyslu z hlediska funkčního namáhání, jsou simulace reálných nárazových testů (tzv. crash testů) na reálných dílech karoserie osobního vozu.

Pasivní bezpečnost vozidla je souhrn konstrukčních opatření, jejichž cílem je účinná ochrana jak cestujících ve vozidle, tak i ostatních účastníků silničního provozu před mechanickými poraněními, která vznikají vlivem sil a přetížení při kolizích vozidel. Toto nám jasně říká, že pasivní bezpečnost není několik na sobě nezávislých prvků, ale komplexní systém, kde jednotlivé prvky fungují nejlépe v součinnosti s ostatními. Mezi dílčí prvky tohoto systému patří především deformační zóny vozidla, které mají za úkol pohltit co možná největší množství deformační energie a zmírnit tak následky nehody.

Pojem pasivní bezpečnost obsahuje vše, co zabrání zranění nebo úmrtí při nehodě, ať vznikla jakkoliv. Už z principu tvaru vozidla a fyzikálních zákonů nelze vyrobit bezpečné vozidlo, v kterém lze vždy přežít jakoukoli



havárii. Formulace „bezpečné vozidlo“ je jen v rámci jakýchsi porovnání s dřívějším stavem techniky a konstrukce vozu, nejde o absolutní pojem jako takový, vozidlo jen poskytuje vyšší míru bezpečnosti, než tomu bylo u srovnatelné kategorie vozidel doposud.

Účinnost pasivní bezpečnosti není jednoduché zjistit, nelze si sednout do vozidla a vyzkoušet ji vratným dějem, kterým je např. sešlápnutí brzdového pedálu v případě zkoušky brzd. Je nutné ji zkoušet v tzv. nárazových testech.

Cílem řešení diplomové práce bylo porovnání laboratorních vlastností karosářských lepidel používaných při stavbě karoserie automobilu s jejich chováním v reálném crash testu s ohledem na korozní zatížení jak testovaných vzorků tak i reálného dílu karoserie osobního vozu.

Zadání bylo řešeno ve spolupráci ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav a katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci.



2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 KONSTRUKCE AUTOMOBILU [2]

Návrh a konstrukce plechových součástí, zvláště však částí karoserie, rozhodují mimo jiné o bezpečnosti automobilu a jsou na ně kladeny dva protichůdné požadavky – co nejvyšší tuhost a zároveň co nejnížší hmotnost. V osobních automobilech se dnes používá samonosné karoserie. Nejrozšířenější koncepcí je tzv. samonosný skelet. Ten je základní částí karoserie, povrchové plechy karoserie jsou lehce odnímatelné panely přišroubované nebo nabodované.

Jednotlivé podkomplety samonosné karoserie jsou navzájem svařované či lepené, často to však bývá kombinace obojího.

Při svařování jsou používány jednak metody (odporového) bodového svařování, kdy svařovací zóna mezi spojovanými díly je zahřáta odporovým ohřevem za současně působící síly elektrody. Vlivem síly elektrody se spojí svařované díly při ztuhnutí taveniny, vzniklý bodový, přesněji čočkovitý (ve formě svarové čočky), svarový spoj je označován jako „bodový svar“. Dalšími používanými metodami jsou metody svařování v ochranné atmosféře; jedná se o tavné a pájené spoje, kde jako zdroj tepla slouží elektrický oblouk, k tomu slouží obal ochranného plynu světelného oblouku a tavná lázeň v atmosféře kolem. Jedná se např. o svařování v ochranné atmosféře aktivního či inertního plynu (MIG, MAG, WIG, laserové pájení).

Lepené spoje na automobilech jsou důležité z hlediska úspory celkové hmotnosti automobilu. Dnešním všeobecným trendem je snaha v konstrukci automobilu neustále snižovat hmotnost, kdy redukcí hmotnosti se také snižuje i spotřeba paliva.

Ušetřenou hmotnost lze využít k zvýšení celkové tuhosti karoserie. K základním požadavkům patří bezpečnostní deformační zóny přední a zadní části skeletu a také karoserie jako celku včetně bočních dveří. Programovaná tuhost při srážce musí co nejúčinněji ztlumit energii nárazu tím, že ji pohltí na své vlastní deformace, a zpožďuje tak deformaci samonosné kabiny cestujících. Ta je naopak co nejtužší, aby cestující



chránila a umožnila i jejich snadné vyproštění po havárii. V požadavcích na tuhost je i odolnost proti bočním nárazům. Podélné nosníky karoserie mají vylisované vruby nebo jsou prohnuté tak, aby se deformovaly po nárazu vhodným způsobem a směrem. Z hlediska bočního nárazu je také důležitá pevnost a tuhost bočních dveří, které při bočním nárazu pohltí část deformační energie.

Technologie spojování jednotlivých podkompletů při stavbě karoserie musí být voleny tak, aby vyhovovaly požadavku co největší pevnosti a tuhosti karoserie jako celku.

Přestože lepené spoje mají všeobecně vysoké uplatnění v konstrukci karoserie automobilu, jsou používány např. při protihlukové izolaci, při protikouřové izolaci, slouží k utěsnění švů po svařování. Hlavní uplatnění mají lepené spoje ve zvýšení pevnosti a tuhosti celé karoserie.

2.2 LEPENÍ KAROSÁŘSKÝCH VÝLISKŮ [3]

Technologie lepení se stává jedním ze základních způsobů spojování kovů, plastů i kombinovaných systémů téměř ve všech průmyslových odvětvích. V porovnání s klasickými způsoby spojování materiálů (šroubové, nýtové a svarové spoje – tavné a odporové) nejsou mechanické vlastnosti základního materiálu ovlivňovány vrubovým účinkem otvorů pro spojovací členy, při svařování je zase častým problémem spojování různých druhů materiálů a kvalita povrchu vzhledových svařovaných dílů. Důležitými charakteristikami lepení jsou efektivita a ekonomičnost, především v automobilovém a leteckém průmyslu, pak i již zmiňovaná úspora hmotnosti lepených dílů.

Pro stavbu automobilových karoserií se doposud nejvíce využívají tenké, zejména ocelové plechy, které se následně spojují především svařováním a lepením. V současné době je vzrůstající tendence využívat právě lepených spojů díky přednostem, které pro spojování dílů karoserie představují. Vhodně řešené lepené spoje mohou v mnoha případech nejen odstranit úskalí svařování, ale navíc dodávají lepené konstrukci i některé jiné výhodné vlastnosti, např. zvýšení celkové tuhosti vhodně konstruovaného spoje, útlum



vibrací, rázů, zamezení nežádoucího hluku, zvýšení korozní odolnosti karoserie.

2.2.1 ZÁKLADY TEORIE LEPENÍ [3, 4]

Teorie lepení (adhezní spojování dílů) se opírá o vztahy molekul a jejich vzájemného působení. Podle nejnovějších zjištění je sem třeba přiřadit i vztahy vyplývající z nadmolekulární struktury. S molekulovou strukturou souvisí adheze. Při tom se budou dále uplatňovat fyzikální síly, chemické vazby a mezimolekulární síly. V současné době se nejčastěji citují následující teorie adheze:

- Molekulová teorie
- Elektrostatická teorie
- Mechanická teorie
- Difuzní teorie
- Chemická teorie

Molekulová teorie (absorpční): dnes nejvíce přijímaná absorpční teorie adheze vychází z analogie jevu smáčení, absorpce a adheze. Základem adheze je vzájemné působení molekul adherendu a lepidla (adheziva), proto je nevyhnutelné, aby oba druhy molekul měly polární funkční skupiny schopné vzájemného působení. Proces vzniku adhezního spoje lze rozdělit na dvě stádia:

- 1) transport molekul adheziva k povrchu adherendu
- 2) vzájemné působení mezimolekulárních sil po přiblížení molekul adheziva na vzdálenost menší než 0,5 nm.

Za předpokladu dostatečného kontaktu (na molekulární úrovni) adherendu a adheziva postačují van der Waalsovy síly vzhledem ke své vysoké četnosti k dobré pevnosti adhezního spojení.

Elektrostatická teorie: tato teorie předpokládá dvojitou vrstvu vytvořenou dotykem dvou rozličných substancí ve spoji jako základ pro vznik adheze. Podle toho je spoj kondenzátorem, jehož rozdílně nabitě desky se přitahují.

Jakmile je oddělíme, vzniklý potenciálový rozdíl se musí vybit nebo vyzářit jako elektronová emise.

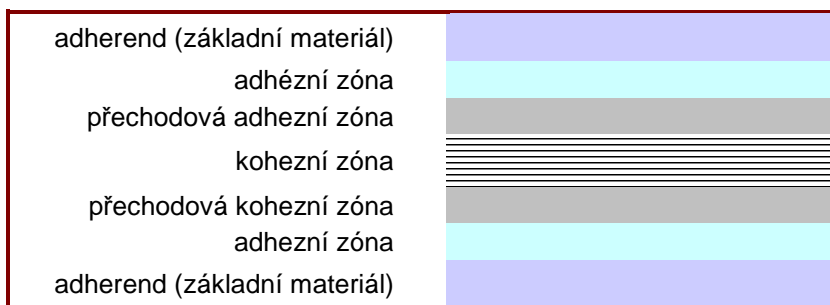
Mechanická teorie: tato teorie vychází z představy, že po proniknutí kapalného adheziva do trhlin a kavit lepeného povrchu dojde po zatuhnutí adheziva k jeho „zaklínění“ v povrchu adherendu. Mechanické teorie adheze jsou dnes užívány sporadicky jen ve specifických případech.

Difuzní teorie: podle této teorie pevnost spoje vzniká vzájemnou difuzí polymerů (nebo jiných materiálů) napříč rozhraním. Základem tohoto tvrzení je skutečnost, že některé látky (např. polymery) mohou navzájem difundovat a průběh této difuze, který závisí především na čase, teplotě, viskozitě, komptabilitě adherendu a adheziva, relativní molekulové hmotnosti polymerů, ovlivňuje pevnost spoje.

Chemická teorie: pro získání pevného spoje, který nebude vykazovat adhezivní ale kohezní lom je podle této teorie potřebné, aby materiály, které se mají navzájem spojit, reagovaly vytvořením primárních chemických (kovalentních) vazeb napříč rozhraním. Takovéto vazby sice někdy vznikají, všeobecně však lepení probíhá v termodynamických podmínkách, které vznik chemických vazeb neumožňují. Pokud by tyto vazby vznikly nelze, jednoznačně tvrdit, že zvyšují pevnost spoje.

Z hlediska vnitřní struktury lze každý konstrukčně pevný a dostatečně odolný lepený spoj dvou základních materiálů považovat za komplex tří

hlavních vrstev a dvou mikrovrstev, jak je znázorněno na obr. 2.1.



Obr. 2.1 Lepený spoj



Lepidlo je tedy materiál schopný slepit plochy adherendu pomocí povrchových sil – adhezních a kohezních. Tato schopnost není vnitřní vlastností lepidla (adheziva), ale vzniká jen za určitých podmínek a za podstatného přispívání adherendu. Celková pevnost lepeného spoje je tedy závislá především na těchto dvou činitelích: adhezi a kohezi

Adheze: (přilnavost). Vzájemné přitahování dvou povrchů adhezními silami. Adheze souvisí s molekulovou strukturou lepidla. Je výsledkem působení fyzikálních sil, mezimolekulárních a chemických vazeb.

Koheze: (někdy též vnitřní adheze) je tzv. soudržnost. Charakterizuje stav látky (lepidla), ve kterém drží její částice působením mezimolekulárních sil a valenčních sil pohromadě. Velikost koheze udává tzv. kohezní energie, což je velikost energie potřebná k odtržení jedné částičky od ostatních.

2.2.2 PŘÍPRAVA MATERIÁLŮ NA LEPENÍ [3]

Vlastní postup výroby lepeného spoje má čtyři základní fáze:

Příprava spojovaného materiálu (adherendu) na lepení

Rozhodující je smáčivost adherendu lepidlem. Cílem všech úprav slepovaných povrchů je maximálně zvýšit smáčivost povrchu lepidlem. Mezi základní úpravy povrchů před lepením patří fyzikální (obrábění, broušení, tryskání, kartáčování apod.) a chemické (odmašťování v lázních, moření, fosfatizace apod.) metody.

Příprava lepidla

Způsob přípravy lepidla závisí na čtyřech základních faktorech:

- Druhu lepidla – chemická struktura, počet složek apod.
- Stav lepidla po uskladnění – doba životnosti
- Způsobu nanášení – velikost a tvar lepených součástí (povrchů)
- Způsobu vytvrzování – teplota, čas, tlak, zplodiny apod.



Nanášení lepidla

Nanášení lepidla je určitá mezifáze, která odděluje přípravné operace od vlastního vytvoření lepeného spoje. Cílem nanášení lepidla je vytvoření souvislé a rovnoměrné vrstvy lepidla určité tloušťky. Ve většině případů se lepidlo nanáší na obě lepené půlky.

Montáž spoje, vytvoření pevného spoje

Lepené díly se pomocí vhodných přípravků zafixují pod předepsaným tlakem k sobě a vytvoří se fyzikální a chemické podmínky pro vznik pevných vazeb, dokud nedojde k vytvoření adhezního spojení (odpaření, vytvrzení, polymerace apod.).

2.2.3 ROZDĚLENÍ LEPIDEL [5, 6, 7]

Nejznámější klasifikační systémy lepidel vycházejí z následujících hledisek a rozdělují lepidla:

- dle chemického složení (rozsáhlá literární rozdělení, ale často nepřehledná a navíc každé trochu jiné)
- dle teploty při vytvrzení (studená, teplá a horká)
- dle konzistence (pevná, polopevná a tekutá)
- dle dodací formy (jednosložková 1-K a dvousložková 2-K)
- dle chemických reakcí probíhajících při vytvrzení
- dle lepivosti, odolnosti, reaktivnosti
- dle použití

Komplexní rozdělení v současné technické praxi je velmi obtížně realizovatelné. Sortiment lepidel vyráběný pro všechna odvětví průmyslu je velmi široký. Rozdělení lepidel jednotlivých výrobců je zpravidla závislé na jejich výrobních programech, a každý výrobce tedy používá jiné dělení lepidel. Mezi přední světové dodavatele pro automobilový průmysl patří: Henkel KG a A, Dow Automotive, Sika Schweiz AG a 3M.



Dow Automotive je výrobcem jednoho z testovaných lepidel (BETAMATE 1496F), proto pro příklad je uvedeno rozdělení strukturních lepidel, které v současnosti používá tento dodavatel lepidel. Strukturní lepidla jsou rozdělena do tří tříd podle aplikačních vlastností:

- nárazupevná (crashová) lepidla
- polo-nárazupevná (semi-crashová) lepidla
- standardní lepidla

Při rozdělení jsou respektovány následující charakteristické hodnoty, hodnoty uvedených veličin jsou uváděny na technickém listu lepidla. Tyto charakteristické hodnoty jsou sice normovány, ale absolutní hodnoty těchto veličin, sloužících jako základ pro rozdělení lepidel, jsou srovnatelné, pouze jsou-li zkušební podmínky identické. V tabulce 2.1 jsou uvedeny hraniční hodnoty sloužící k rozřazení lepidel do jednotlivých skupin.

Definice hodnot:

- modul pružnosti
- smyková pevnost ve střihu
- tažnost při přetržení
- rázová pevnost v odlupování při 23°C
- rázová pevnost v odlupování při -40°C

Tab. 2.1 Hodnoty pro rozdělení lepidel do jednotlivých skupin dle Dow Automotive

Vlastnost	Strukturní lepidla		
	crashová	semi-crashová	standardní
Modul pružnosti [MPa]	1400 - 2000	2000 - 3000	3000 - 6000
Pevnost ve smyku [MPa]	> 25	> 22	> 20
Tažnost [%]	> 8	5 - 8	< 5
Rázová pevnost v odlupu při 23°C [N/mm]	> 35	> 15	< 10
Rázová pevnost v odlupu při -40°C [N/mm]	> 20	> 8	0



Firma Dow Automotive je vlastníkem ochranné známky BETAMATE™ (BM). V tabulce 2.2 jsou uvedeny jejich hlavní produktové řady strukturních lepidel pro automobilový průmysl.

Tab. 2.2 Rozdělení strukturních lepidel dle Dow Automotile

Strukturní lepidla	
semi-crashová lepidla	crashová lepidla
<u>studená aplikace</u>	<u>studená aplikace</u>
BM 1025V	BM 1480
BM 1020S	BM 1484
BM XD 4600	BM 1620
BM 4600F	<u>teplá aplikace</u>
<u>teplá aplikace</u>	BM 1493
BM 1040S	BM 1493G
BM 1040V	BM 1494
BM 1041	BM 1496
BM 1044-6/020	BM 1496E
BM 1060	BM 1496F
	BM 1496G
	BM 1496V
	BM 1460

2.2.4 PŘEDNOSTI A NEDOSTATKY LEPENÝCH SPOJŮ [5]

Jako každá technologie, tak i lepení karosářských výlisků má své přednosti a nedostatky. Tyto přednosti a nedostatky jsou mnohdy určující a limitující pro zavedení daného lepidla do výrobního postupu. Lepené konstrukční spoje se v automobilovém průmyslu uplatňují v řadě variant, jak z hlediska konstrukčního provedení, tak i z hlediska funkčního namáhání.

Přednosti využití lepených spojů v konstrukci karoserie:

- zvýšení pevnosti a tuhosti karoserie a tím vyšší odolnost vůči nárazu



- ochrana proti korozi a tlumení spojovací vrstvou
- povrch spojovaných míst je zcela hladký, odpadají nákladné operace začišťování – broušení, leštění svarových spojů
- spoje jsou těsné, není třeba utěšňovat dodatečně
- odpadá poškození ochranné protikorozní vrstvy pozinkovaných plechů
- zvýšení ekonomičnosti a efektivity, které je dosaženo úsporou hmotnosti, výrazné snížení hlučnosti v karoserii (mezi spojovanými plechy nedochází k hlučnému klepání a skřípání)
- využití lepidel v sériové výrobě zlepšuje pracovní a hygienické podmínky v porovnání se svařováním

Nevýhody lepených spojů v konstrukci karoserie:

- nízká odolnost proti namáhání v odlupování
- nutnost vytvrzovací doby (spoj nelze okamžitě zatěžovat, maximální pevnosti je dosaženo až po určité době)
- svařovenská lepidla jsou citlivá na důsledné dodržení technologické kázně

2.2.5 HODNOCENÍ LEPENÝCH SPOJŮ [5, 6, 7]

Výrobní proces zahrnuje tři skupiny zkoušek lepených spojů: při vstupní kontrole se prověří známá kvalita lepidla, v kontrole procesu lepení se zkontroluje dodržení technologického postupu, viz. kap. 2.2.6. Při zkouškách na konkrétních vzorcích či na hotových dílech se ověří, zda výběr lepidla podle parametrů z materiálových listů splňuje předpoklady vlastností lepidla na skutečném dílu, za podmínek buď provozních, nebo za podmínek provozním poměrům blízkým. Dále se při zkouškách ověří správnost konstrukčního řešení, vycházejícího z materiálových listů a z obecných zkoušek konstrukčního uspořádání.



Zkoušky pro materiálové listy lepidel a obecné zkoušky konstrukčního uspořádání spojů mají význam převážně pro výběr lepidla a pro návrh konstrukčního řešení lepeného dílu.

Souhrnné rozdělení zkoušek

1) Vstupní kontrola lepidel – do této kontroly se počítají všechny zkoušky zaměřené k potvrzení obecně známé jakosti lepidel. Zpravidla se do těchto zkoušek zahrnuje:

- Vizuální hodnocení vzorku lepidla
- Analytické zkoušky lepidel
- Fyzikálně chemické zkoušky lepidel

2) Kontrola procesu lepení – tato skupina zahrnuje zkoušky hodnotící dodržování technologického procesu lepení a obvykle probíhají na lepených vzorcích nebo na lepených dílech.

- Zkoušky na technologických přídavcích – testované vzorky se získávají odříznutím technologického přídavku, s nímž se pro tyto účely počítá, tzn., že vzorky prodělají spolu s lepeným dílem celý technologický proces, včetně vytvrzování
- Zkoušky ve zvláštních přípravcích – mají výhodu v možnosti současného lepení více kontrolních vzorků, obvykle se zkouší pevnost ve smyku při laboratorní teplotě, někdy i při teplotě 80°C a pevnost v odlupování

3) Zkoušky pro materiálové listy lepidel – jedná se o zkoušky na normalizovaných vzorcích spojů, nebo jde o zkoušky vlastností lepidel podle normalizovaných metod ČSN nebo zahraničních norem (ISO, EN, ATSM, DIN apod.)

4) Zkoušky na konkretizovaných vzorcích a na hotových dílech – tzv. konkretizované vzorky napodobují rozhodující pevnostní uzly lepených dílů.



Mají ověřit, zda má zvolené lepidlo vlastnosti, které jsou od něj očekávány na základě hodnot podle materiálových listů, vhodné pro požadované provozní zatížení lepeného spoje.

5) Obecné zkoušky konstrukčního uspořádání – tyto zkoušky mají zjistit závislost pevností různých typů lepených spojů a konstrukčních prvků na konstrukčních faktorech. Jedná se převážně o zkoušky hodnotící vlivy konstrukčního uspořádání. Patří sem například vliv rozměrů spoje, přeplátování, tloušťky lepidla ve spoji aj.

V tabulce 2.3 je uvedeno rozdělení testovacích metod předního světového výrobce lepidel, znovu od firmy Dow Automotive, hodnoty zjišťované těmito metodami jsou uváděny v materiálových listech jednotlivých lepidel.

Tab. 2.3 Popis testovacích metod dle Dow Automotive

Testovací metody	
Reologie	měření viskozity a meze kluzu na modelu Casson rotační měření viskozity
E - Modul	podle DIN EN ISO 527-1 statická zkouška tahem pro plastické hmoty rychlost zkoušky: 10 mm/min
Smyková pevnost	podle DIN EN 1465 stanovení smyk. pevn. v tahu tuhých adherendů na přeplátovaných tělesech velikost přeplátování / tloušťka lepidla: 25 x 10 / 0,2 mm rychlost zkoušky: 10 mm/min
Odolnost proti odlupování	podle DIN EN ISO 11339 T - zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů velikost přeplátování / tloušťka lepidla: 25 x 100 / 0,2 mm rychlost zkoušky: 100 mm/min
Štípání rázem	podle ISO 11343 stanovení dynamické odolnosti vysoce pevných slepů vůči štípání rázem velikost přeplátování / tloušťka lepidla: 20 x 30 / 0,2 mm rychlost zkoušky: 2 m/s
Hustota	podle DIN 52451



2.2.6 PROVOZNÍ KONTROLA VYPLNĚNÍ LEMŮ DVEŘÍ [8]

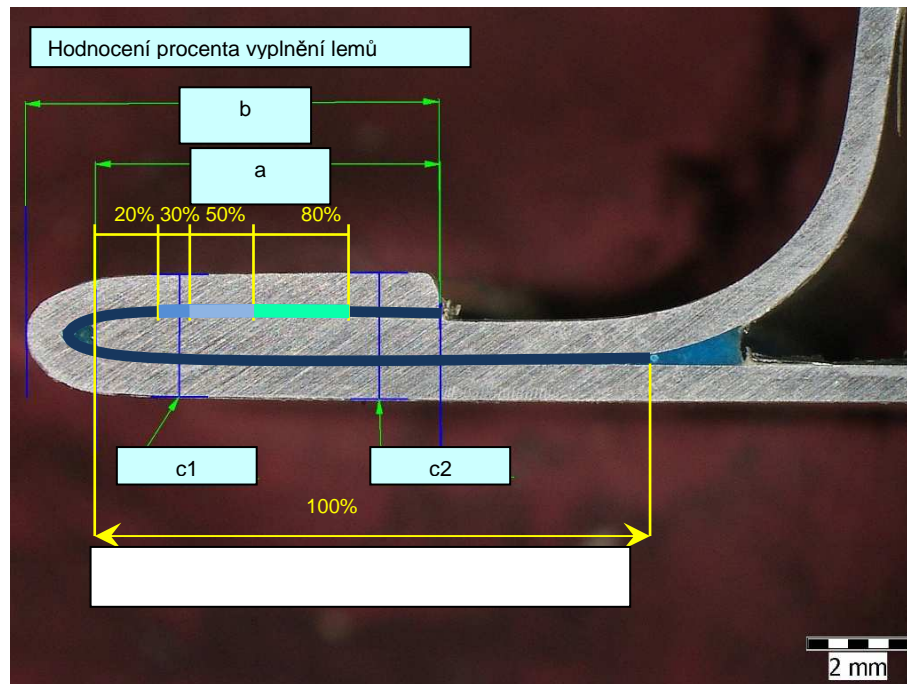
V dnešních automatizovaných výrobních linkách je aplikace lepidel zajišťována průmyslovými roboty, u kterých není třeba složitě obsluhovat a kontrolovat, zda jsou dodrženy všechny technologické podmínky.

Vybraným dílem pro srovnávací testování byly přední dveře osobního vozů, které byly vyrobeny v provozu svařovny společnosti Škoda Auto a.s., vyplnění lemů bylo provedeno dle předepsaných technologických postupů. V této kapitole jsou popsány kontrolní mechanizmy, zaručující požadované vyplnění lemů bočních dveří. Dodržení předepsaného vyplnění lemů panelových dílů je důležité pro požadovanou pevnost lepeného spoje v návaznosti na pevnost a tuhost bočních dveří a tím se zvyšuje pasivní bezpečnost vozu při kolizních situacích v reálném provozu. Správné vyplnění lemů také zvyšuje korozní odolnost bočních dveří a tím prodlužuje životnost vozu.

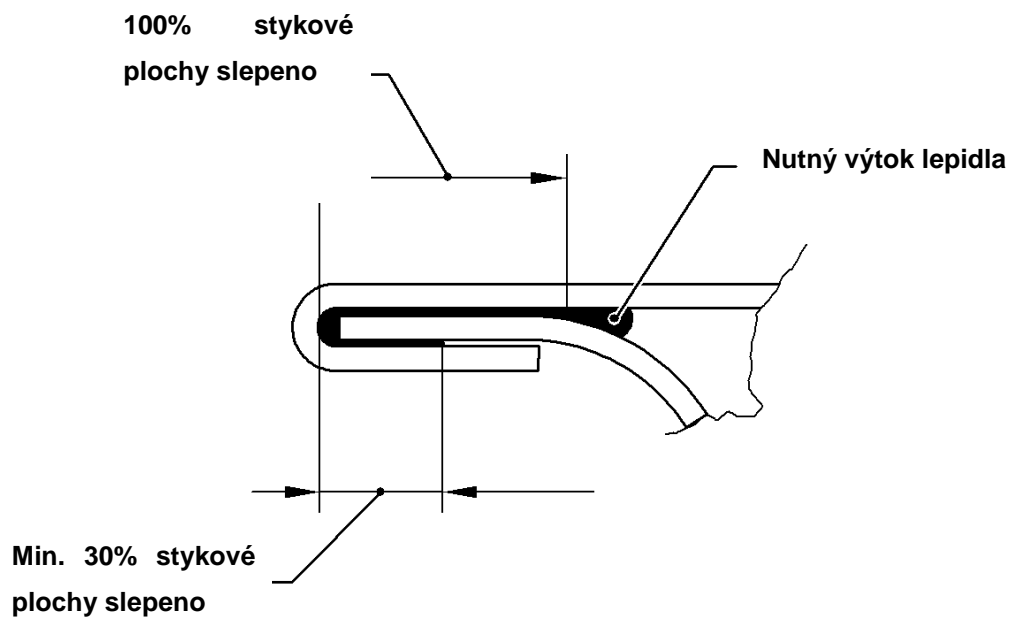
Ve svařovně je prováděna kontrola vyplnění, kontrolu provádí pověřený pracovník vždy na díle určeném pro destrukční kontrolu pevnosti spojů. Dále

je tato kontrola prováděna vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohly ovlivnit vyplnění lemů lepidlem. Tuto kontrolu je možné provést odstřížením lemů pomocí elektrických nůžek nebo odbroušením a následným otevřením lemu.

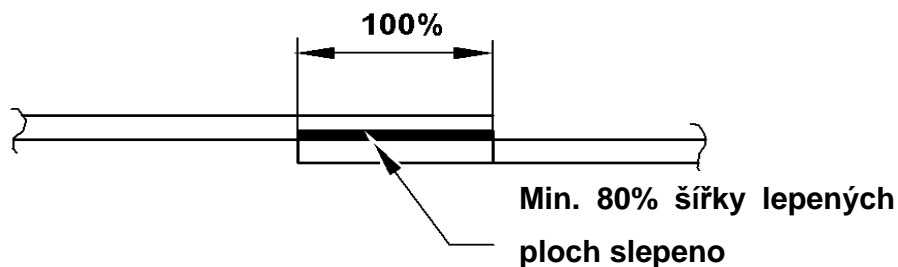
Střihová zkouška je prováděna takto: pověřený pracovník vezme díl, položí jej na stůl pro střihovou (sekáčovou) zkoušku a pomocí elektrických nůžek odstříhne lem po celém obvodu v šíři 1-3 mm. Zkontroluje vytlačení lepidla na obou plochách lemovací stojiny povrchového a vnitřního plechu, dle obrazové návodky. Předpis pro vyplnění lemů je znázorněn na obr. 2.2, 2.3 a 2.4. Dále je vyhodnoceno množství lepidla v jednotlivých sekcích.



Obr. 2.2 Hodnocení procenta vyplnění lemů

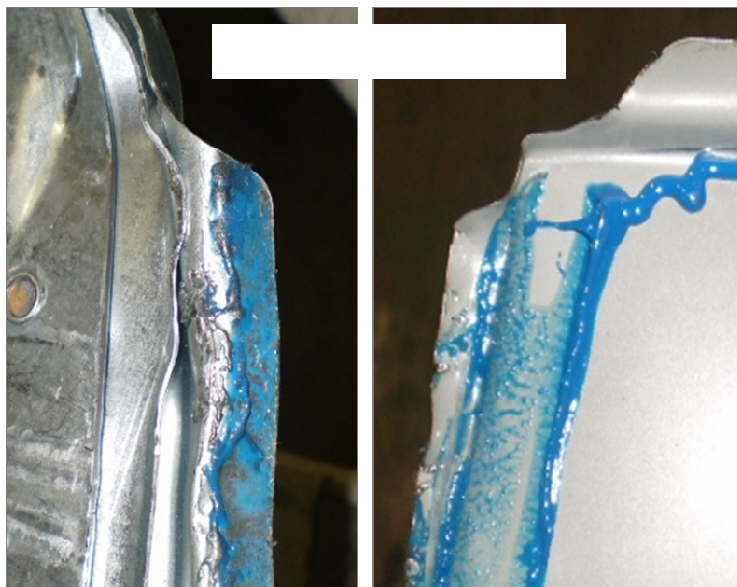


Obr. 2.3 Předpis vyplnění – pevnostní lepidla, dle PDM



Obr. 2.4 Předpis vyplnění – pevnostní lepidla, dle PDM

Zkouška otevření lemů odbroušením: pověřený pracovník vezme díl, položí jej na stůl a provede rotační brusku jemným broušením ztenčení hrany lemu po obvodu dílu, tak aby nedošlo k probroušení lemu. Dále vezme ostrý sekáč a kombinované kleště, kterým ohne stojinu povrchového plechu. A zkontroluje lepidlo na obou stranách lemovací stojiny povrchového a vnitřního plechu dle obrazové návodky. Příklad vyhodnocení vyplnění lemů je znázorněn na obr. 2.7.



Obr. 2.7 Hodnocení procenta vyplnění lemů



Pohledová kontrola vyplnění lemů: pověřený pracovník provádí pohledovou kontrolu každé 2 hodiny. Kontrola je prováděna na stole pro čištění přetoků. Lepidlo musí být přeteklé po celém obvodu kontrolovaného dílu. Vyhodnocení je prováděno po jednotlivých sekcích. Tato kontrola je také prováděna vždy při změně nanášecích parametrů a při úpravě nebo seřízení zařízení, které by mohlo ovlivnit vyplnění lemů lepidlem.

Pohledová kontrola nanášení lepidla do lemů: kontrola nanesení lepidla na povrchový plech je opět prováděna každé 2 hodiny. Kontroluje se celistvost, neporušenost, plynulost a přilnutí naneseného materiálu na plech.

Pohledová kontrola aplikace lepidla a slepení styčných ploch mezi výztuhami a povrchovým plechem: kontrola lepidla mezi výztuhou a povrchovým plechem je prováděna každé 2 hodiny. Kontrola slepení styčné plochy povrchového dílu a výztuhy je prováděna pouze při kontrole otevření lemů na daném díle. Kontrola je provedena pohledem až po oddělení povrchového a vnitřního plechu. Dále je opět prováděna kontrola celistvosti, neporušenosti, plynulosti a přilnutí naneseného materiálu na plech při aplikaci.

Všeobecné zásady kontrol lepení: v případě, že výsledek kontroly lepidla bude nevyhovující, provede pověřený pracovník záznam do tabulky „Závady kontrol nanášení lepidla“, včetně popisu zásahu provedeného do zařízení. Pokud po provedeném opatření v nevyhovující partii dílu bude následná kontrola lemu nebo pohledová kontrola nanášení opět nevyhovující, opakuje pracovník postup včetně záznamů do tabulky až do vyhovujícího výsledku této partie. V případě, že budou pochybnosti odstranění nedostatku při pohledové kontrole, provede pracovník nadřazenou kontrolu odstřížení, otevření lemu nebo kontrolu slepení styčné plochy s povrchovým plechem.

Předželatinace lepidla v lemech panelových dílů: želatinace je pouze podpůrná (technologická) operace, kde dochází k předvytvrzení lepidla v lemech panelových dílů vlivem indukčního ohřevu. Lepidlo je uvedeno do



částečně vytvrzeného stavu ihned po vytvoření spoje. Po předvytvrzení je lepidlo ve stavu, kdy dosahuje určité minimální pevnosti a stability. V důsledku toho nedochází k vyplavování lepidla ze spár během máčení a oplachování před lakováním, nebo při ponoru do kataforézní lázně. Předvytvrzená lepidla je také možno snadno odstranit z míst, kde nesmí být – přetoky lemů. Spoj má také určitou manipulační pevnost, jejímž účelem je zajištění částečné tuhosti pro možnost nalícování karoserií. Úplné dokončení vytvrzení ovšem proběhne až v procesu lakovny.

V případě problémů s lícováním panelových dílů provede pověřený pracovník kontrolu vytvrzení lepidla v lemech po obvodu dílu, tato kontrola je prováděna vizuálně.

- Správné předvytvrzení – lepidlo je tmavší, nemaže se na dotek, může lepit
- Nedostateční předvytvrzení – lepidlo na dotek lepí, špiní, lze jej rozetřít
- Přepálené lepidlo – zesvětlení lepidla, případně pórovitá struktura lepidla signalizuje přepálení lepidla

2.2.7 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOB POJIŠŤOVÁNÍ LEMŮ [8]

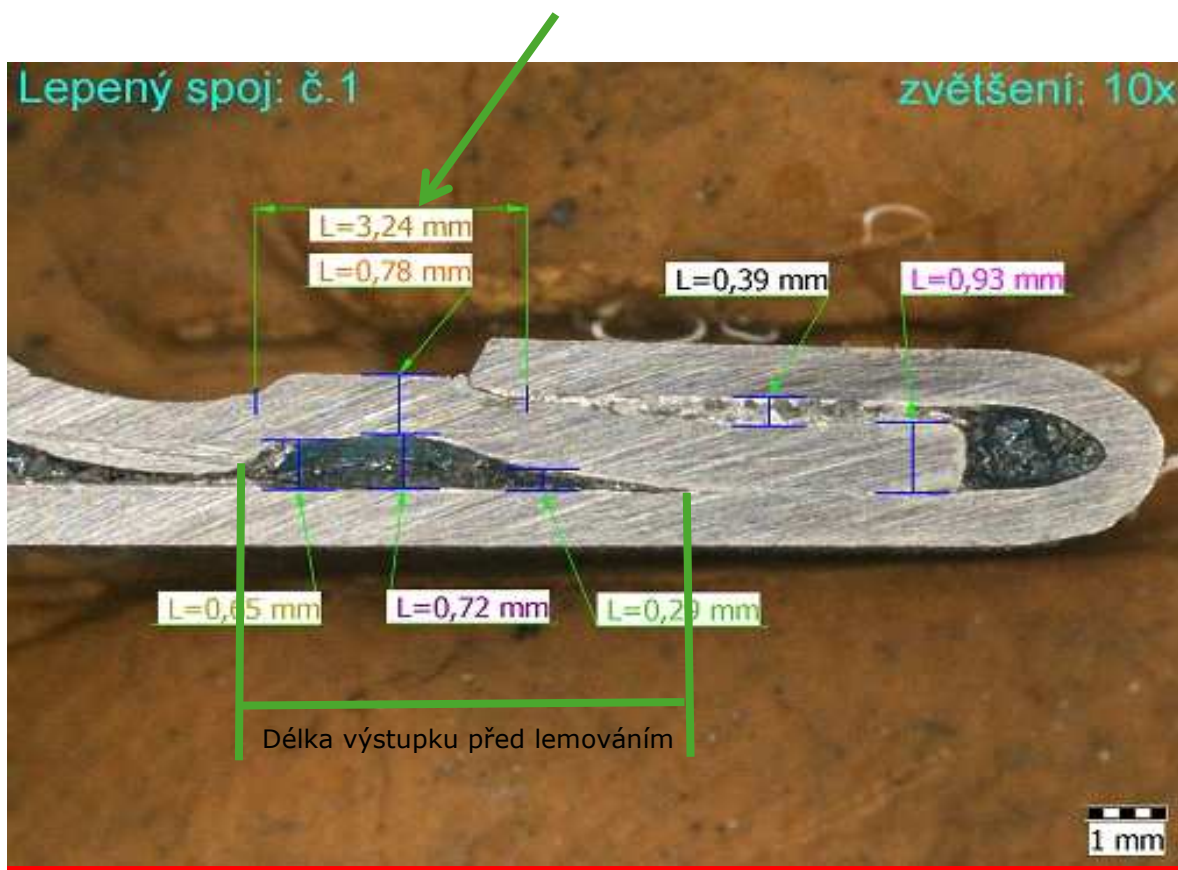
V současné době se od předželatiny postupně upouští, jsou hledány způsoby jiné mechanické fixace plechů před vytvrzením. Důvodem je jednak úspora energie na indukční ohřev lemů, ale i snaha o vytvrzení lepidla v jednom kroku současně s vypalováním kataforézy.

Princip technologie:

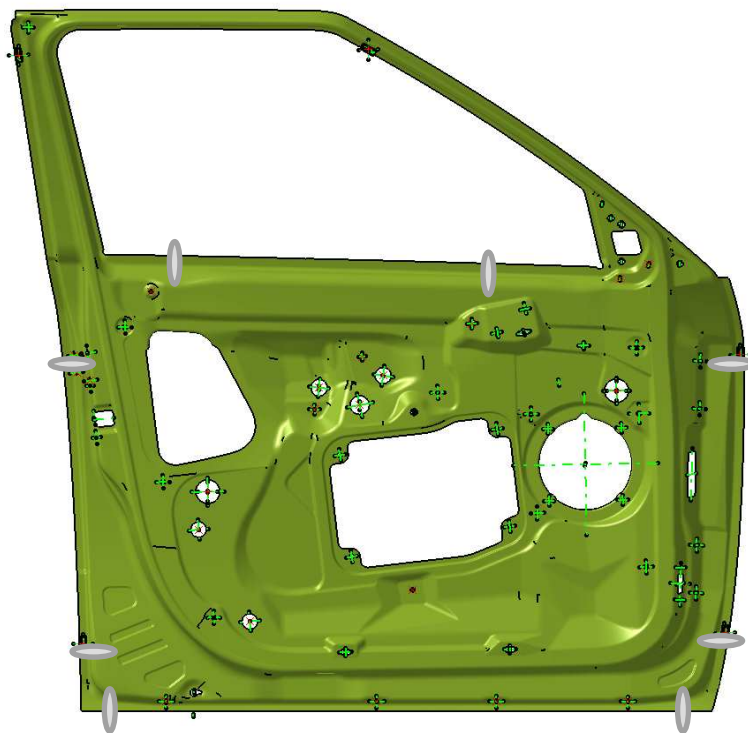
Jedná se o technologie zajišťující stálost polohy vnitřního vůči vnějšímu výlisku panelových dílů při transportu z výrobní linky do lakovny. Pojištění je realizováno mechanickou úpravou vnitřního plechu v podobě technologických výstupků, které jsou raženy po jeho obvodu směrem do interiéru vozu. Při procesu lemování je část každého výstupku deformována lištou lemovky. Zbylá část výstupku zůstává zachována a tvoří doraz pro zalemovaný povrchový plech. Umístěním výstupků resp. dorazů v oblasti

A, B sloupku, v oblasti prahu a oblasti tzv. šachty je zajištěna stálost polohy vnitřního vůči vnějšímu výlisku daného panelového dílu, jak je znázorněno na obr. 2.7. Princip technologie je znázorněn na obr. 2.6.

Hrana vnějšího plechu je po lemování zachycena o nezdeformovanou část technologického výstupku



Obr. 2.6 Princip technologie mechanického pojišťování lemu



Obr. 2.7 Umístění pojistných výstupků

Další výhody mechanického způsobu pojišťování lemů dveří

- výroba technologických výstupků přímo v lisovně
- úspora operace ve svařovací lince
- nedochází k tavení materiálu - Zn vrstva bez poškození, nedochází k deformacím vlivem vnesené energie
- technologie nezávislá na tloušťce vrstvy lepidla
- technologické výstupky je možné umístit kdekoliv na vnitřním plechu
- bezproblémový audit
- nízké investiční náklady



3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 CÍLE EXPERIMENTU

Pevnost lepeného spoje závisí na mnoha podmínkách, které v konečném důsledku ovlivňují pevnost a následně i tuhost celé karoserie osobního automobilu, a tím zvyšuje pasivní bezpečnost. Je tedy důležitým faktorem zabraňujícím zranění nebo úmrtí při dopravní nehodě.

Pro výslednou pevnost lepených spojů při sestavování karoserie je důležité důsledné dodržení technologických postupů při nanášení lepidel na lepené plochy, pro lepení lemů bočních dveří je důležité procento vyplnění, zaručující požadovanou pevnost spoje. Pevnost lepeného spoje obecně závisí i na podmínkách, při kterých se uskutečňuje vytvrzení lepidla. Rozhodující je ovšem volba lepidla.

Cílem diplomové práce je porovnání, zda na základě výsledků normalizovaných zkoušek pro hodnocení lepených spojů lze odhadnout chování lepidel v podmínkách provozních, zohledněn byl rovněž vliv korozního zatížení jak zkušebních vzorků, tak i testovaných dveří.

Cílem vyhodnocení experimentu nebylo porovnávat lepidla mezi sebou ani porovnávat dosažené hodnoty s hodnotami, které uvádí výrobce v materiálových listech jednotlivých lepidel, ale porovnat právě tyto hodnoty s vizuálním hodnocením crash testu.

Podstatou práce je určit, zda při zavádění nových lepidel do sériové výroby lze na základě normalizovaných zkoušek odhadnout jejich chování při reálných nárazových testech, tj. experimentálně ověřit a vyhodnotit možnou závislost mezi normalizovanými zkouškami a reálným crash testem a tím následně snížit náklady na provozní testování lepidel. Ekonomické náklady na přípravu a následné testování normalizovaných vzorků jsou totiž výrazně nižší než náklady na nárazové testy reálných dílů (vždyť jen materiální, mzdové a režijní náklady na výrobu a KTL vytvrzení jedné testované dveří jsou zhruba 1400 Kč).



V tabulce 3.1 je uveden základní přehled v experimentu použitých lepidel, způsobů vytvrzení, korozního zatížení a typy provedených zkoušek na zkušebních vzorcích.

Tab. 3.1 Základní přehled použitých lepidel, způsobů vytvrzení, korozního zatížení a typů provedených zkoušek

použité lepidlo	způsob vytvrzení / korozní zatížení			provedené zkoušky
	sušárna Venticell 222 (180°C/20min.) / bez korozního zatížení	v KTL Škoda Auto a.s. / bez korozního zatížení	v KTL Škoda Auto a.s. / stárnutí 60 cyklů dle PV 1210	
BETAMATE 1496F	X	X	X	Pevnost v odlupu dle ISO 11339
SikaPower® - 492G	X	X	X	
BETAGUART RB 214 BV	X	X	X	
BETAMATE 1496F	X	X	X	Smyková pevnost v tahu dle PV 12.35
SikaPower® - 492G	X	X	X	
BETAGUART RB 214 BV	X	X	X	
BETAMATE 1496F	X	X	X	Dynamická odolnost dle ISO 11343
SikaPower® - 492G	X	X	X	
BETAGUART RB 214 BV	X	X	X	
BETAMATE 1496F	X	X	X	Dle typu porušení dle ISO 10365
SikaPower® - 492G	X	X	X	
BETAGUART RB 214 BV	X	X	X	

3.2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

3.2.1 POUŽITÁ LEPIDLA [9, 10, 11]

K lepení karosářských dílů se používá mnoho druhů lepidel, jejichž hlavní charakteristiky bývají popsány v materiálových listech každého z výrobců lepidel. Ovšem producenti lepidel mnohdy v technických listech



preferují „dobré“ vlastnosti svých produktů, zkoušky jsou mnohdy obtížně porovnatelné, jsou upravovány, některé údaje chybí.

Jak již bylo zmíněno, cílem experimentu bylo porovnání lepidel z hlediska vhodnosti použití při stavbě karoserií. Po dohodě s firmou Škoda Auto a.s. byla zvolena tři lepidla od tří dodavatelů lepidel pro automobilový průmysl, kdy každé z lepidel je jiné ve svém základu a pevnostních charakteristikách, které uvádí výrobce v materiálovém listu.

Zvolená lepidla:

- **BETAMATE 1496F** (výrobce: Dow Automotive)
- **SikaPower® - 492G** (výrobce: Sika Automotive)
- **BETAGUARD RB 214 BV** (výrobce: Revocoat S.A.S)

Jedná se o lepidla pro lepení karosářských výlisků. Charakteristika je uvedena v následujících odstavcích.

BETAMATE 1496F

Je jednosložkové teplem vytvrditelné epoxidové lepidlo modré barvy vyvinuté speciálně pro lepení automobilových karoserií. Toto lepidlo se užívá pro zvýšení trvanlivosti, odolnosti proti nárazu a tuhosti karoserie. Lepidlo má následující vlastnosti:

- Výbornou přilnavost k ocelovým konstrukcím automobilu, včetně povrchově upravené oceli a hliníku s dobrou tolerancí vůči znečištění oleji a mazacími materiály
- Zvyšuje tuhost karoserie a její stabilitu při nárazu
- Vysokou vlastní stálost a vysokou stálost lepeného spoje
- Ochraňuje kov a sváry před korozí
- Je slučitelné s dalšími mechanickými i tepelnými metodami spojování dílů
- Je odolné proti mytí a oděru a je slučitelné s elektrostatickými procesy



SikaPower® – 492G

Je jednokomponentní epoxido-hybridní lepidlo černé barvy. Lepidlo je aplikovatelné a vytvrditelné za tepla. V KTL se vytvrdí do vysoce zatížitelného reaktoplastu.. Lepidlo je určeno pro lepení plechů v automobilovém průmyslu, pro zesílení konstrukce a zvýšení její tuhosti. Lepidlo má následující vlastnosti:

- Vysoká pevnost
- Dobrá adheze ke kovovým materiálům znečištěnými oleji
- Neobsahuje žádné PVC ani isokyanáty
- Odolné proti vymývání v lakovnách
- Umožňuje spojování bez posunutí
- Chrání proti korozi a nepoškozuje spojované díly

BETAGUARD RB 214 BV

Je lepidlo šedo-černé barvy, kdy základní složku tvoří syntetický kaučuk. Je použitelné jako těsnicí lepidlo s vysokou pevností, které lze provařovat bez spálení a bez tvorby zápachu, čerpá se studené. V automobilovém průmyslu se používá pro utěsňování a zalepování v kombinaci se svarovými body, je vhodné pro použití do lemů. Vykazuje dobrou snášenlivost v přeúpravách, KTL a je odolné proti vyplachování při tloušťce spoje 2 mm.

3.2.2 POUŽITÉ SUBSTRÁTY [12]

Pro zkoušky byly vybrány jako substráty dva typy plechů používaných v automobilovém průmyslu pro stavbu karoserií automobilu. U každého vzorku byly kombinovány oba typy, rovněž přední dveře byly vyrobeny v kombinaci zvolených substrátů. Důvodem výběru těchto dvou substrátů tedy bylo, že jsou to v současné době v sériové výrobě běžně používané materiály.

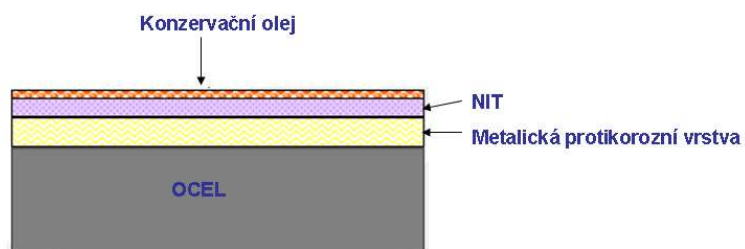
Plechý typu HDG – ocelový hlubokotažný plech s ochrannou povrchovou vrstvou zinku nanesenou na povrch plechu žárově (ponořením plechu do roztavené zinkové lázně)

Plechý typu HDG - NIT – NIT = New Inorganic Treatment (Nová anorganická úprava), jedná se o povrchovou úpravu plechu. Na ocelovém plechu je nanесena metalická vrstva zabraňující korozi (žárově nebo elektrolyticky nanесený zinek) a na povrchu je nanесena vrstva maziva v podobě sulfátových solí.

Tuto vrstvu lze tedy nanést na všechna běžná metalická pokovení – na žárově nanесený zinek, teoreticky i na elektrolytický zinek. Nanесená vrstva maziva je okolo 17 mg/m^2 . Schematické znázornění je na obr. 3.1. Ve své podstatě se jedná o vrstvu na bázi síry, ale nic bližšího výrobce firma ArcelorMittal neudává. Jedná se o jejich výrobní tajemství. Výhody substrátu HDG - NIT se plně projevují v oblasti plošného tváření.

Výhody substrátu HDG - NIT pro lisování:

- Nižší koeficient tření – nedochází tedy k zadírání materiálu v nástroji a následně dochází ke zlepšení lisovatelnosti, především v těch místech, kde hrozí nebezpečí trhlin na výlisku z důvodu přílišného zadření v nástroji
- Menší ulpívání zinku na nástroji – díky lepším kluzným vlastnostem nedochází k ulpívání zinku na povrchu nástroje. Povrch nástroje není tolik znečištěn, při lisování plechu pouze se žárovým zinkem může docházet k ulpívání mikročástic zinku na povrchu nástroje, a je nutné takto znečištěný nástroj často čistit (utírat)
- Nižší spotřeba tažného oleje – a to díky zlepšeným kluzným vlastnostem



Obr. 3.1 Schematické znázornění povrchové vrstvy substrátu HDG - NIT



3.2.3 POUŽITÉ MAZIVO [13]

Pro vytvoření kvalitního lepeného spoje je třeba zajistit optimální snášlivost lepidla se substrátem. U karosářských výlisků vyráběných z plechových svitků nebo tabulí je substrát nakonzervován z hutí konzervačním olejem, který se před vlastním lepením již neodstraňuje. Ten působí negativně na snášlivost lepidla. Všeobecně se dá říci, že maziva snižují snášivost substrátu lepidlem, což negativně ovlivňuje proces lepení. Jelikož mazivo slouží jako ochrana plechů proti korozi a také zlepšuje tribologické podmínky při lisování, je nutné zohlednit přítomnost maziva u lepených spojů. Dnešní lepidla musí zajistit dobrou snášlivost lepidel se substrátem i přes vrstvu maziva. Neustálým vývojem nových lepidel a zlepšováním jejich vlastností se snižuje citlivost lepidla na přítomné množství maziva v lepeném spoji.

Při přípravě zkušebních vzorků bylo použito antikorozi mazivo **ANTICORIT PL 3802-39 LV**, jedná se o nízkoviskózní prací ochranný antikorozi olej typu Prelub s tvářecími vlastnostmi, bez obsahu baria. Charakteristika maziva je uvedena v příloze.

Pro experimentální měření bylo mazivo ANTICORIT PL 3802-39 LV nanášeno v množství 3g/m^2 .

3.3 METODY VYHODNOCENÍ TESTOVANÝCH VZORKŮ

3.3.1 STANOVENÍ PEVNOSTI V ODLUPU DLE ISO 11339 [5, 14]

Jedná se o T-zkoušku v odlupování slepů z ohebných adheredů. Podstatou této zkoušky je zatěžování zkušebního spoje tahem v směru kolmém na lepenou plochu. Pevnost v odlupu je velikost síly potřebné k porušení lepeného spoje připadající na jednotku lepené plochy, šířky substrátu. Rozdíl oproti smykové zkoušce je v tom, že směr působící síly je kolmý k lepené ploše.

Rozměry zkušebního vzorku: 200 x 25 mm

Slepená plocha: 75 x 25 mm

Tloušťka lepidla: 0,2 mm

Zkušební rychlost: 100 mm/min.

Jednotkou pro odlupovací pevnost σ_s je N/mm. Odlupovací pevnost je dána vztahem (1):

$$\sigma_s = \frac{F_{so}}{b} \quad (1)$$

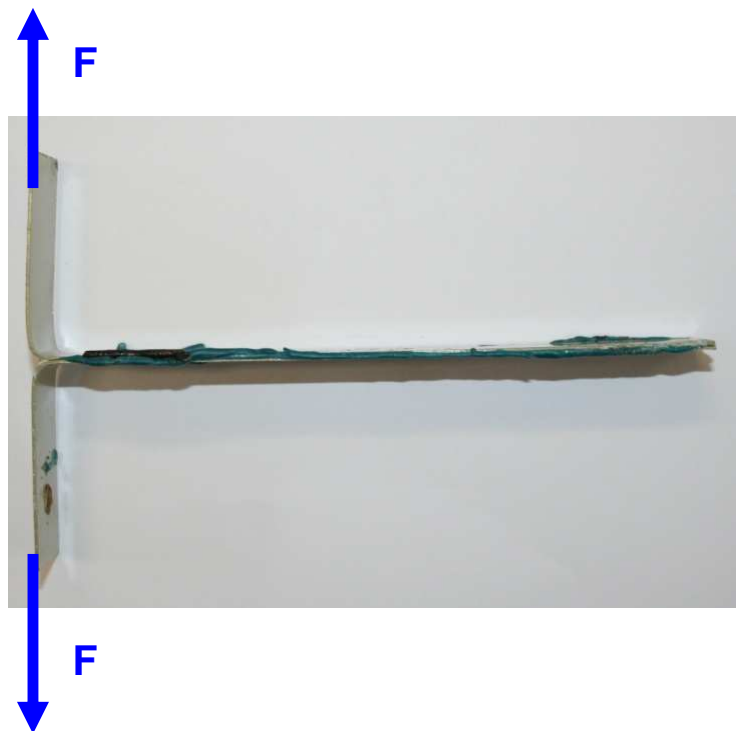
kde je:

σ_s ... odlupovací pevnost [N/mm]

F_{so} ... střední odlupovací síla [N]

b ... šířka zkušební vzorku [mm]

Na obr. 3.2 je zobrazen jeden z testovaných zkušební vzorků



Obr. 3.2 Tvar zkušební vzorku dle ISO 11339

3.3.2 STANOVENÍ SMYKOVÉ PEVNOSTI V TAHU DLE PV 12.35 [5, 15]

Jedná se o zkoušku pevnosti ve smyku při zatěžování tahem. Při tahovém namáhání vzorku dochází k působení sil ve směru jeho podélné osy. Vlivem přesazení plechů vzniká ohybové napětí, které namáhá lepenou vrstvu na tah, dochází tedy ke kombinovanému namáhání vzorku.

Rozměry zkušebního vzorku: 150 x 25 mm

Slepená plocha (velikost přeplátování): 10 mm

Tloušťka lepidla: 0,2 mm

Zkušební rychlost: 50 mm/min.

Pevnost ve smyku τ [MPa] se počítá podle vztahu (2):

$$\tau = \frac{F_{\text{MAX}}}{S} \quad (2)$$

kde je:

τ ... pevnost ve smyku při zkoušce tahem [MPa]

F_{MAX} ... je maximální tahová síla působící na lepený spoj [N]

S ... je plocha lepeného spoje [mm²]

Na obr. 3.3 je zobrazen jeden z testovaných zkušebních vzorků.



Obr. 3.3 Tvar zkušebního vzorku dle PV 12.35



3.3.3 STANOVENÍ DYNAMICKÉ ODOLNOSTI DLE ISO 11343

[5, 16]

Jedná se o stanovení dynamické odolnosti vysoce pevných slepů vůči štípání rázem. Ke zkoušce se používá upravené Sharpyho kladivo o velikosti od 50 J do 300 J. Hodnotí se velikost střední pevnosti při štípání a energie potřebná pro rozštípnutí vzorku. Zkušební vzorek se skládá ze dvou symetricky slepených plechů, slepený vzorek je rozštípnut pomocí ocelového klínu rychlostí od 2 m/s do 6 m/s. Zkouška má dvě varianty:

- Symetrický klín – pro vzorky z ohebných adherendů (v experimentu byla prováděna tato varianta)
- Nesymetrický klín – pro vzorky zhotovené kombinací ohebného a neohebného adherendu (zkoušení vysokopevnostních plechů)

Rozměry zkušebního vzorku: 20 x 90 mm

Slepená plocha 20 x 30 mm

Rázová odlupovací pevnost p_s [N/mm] se počítá podle vztahu (3):

$$p_s = \frac{F_{so}}{b} \quad (3)$$

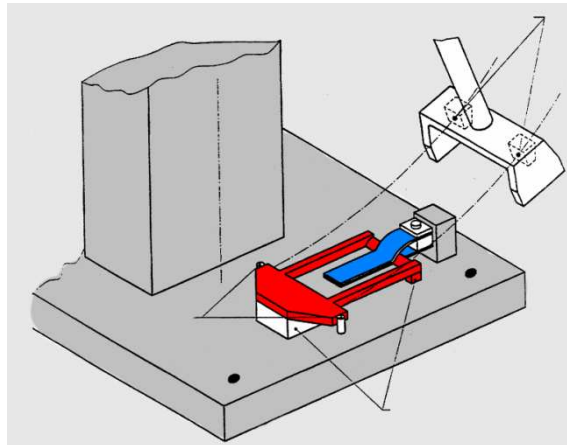
kde je:

p_s ... rázová odlupovací pevnost [N/mm]

F_{so} ... střední odlupovací síla [N]

b ... šířka zkušebního vzorku [mm]

Princip zkoušky je znázorněn na obr. 3.4 a na obr. 3.5 je zobrazen jeden z testovaných zkušebních vzorků.



Obr. 3.4 Princip zkoušky dynamické odolnosti dle ISO 11343



Obr. 3.5 Tvar zkušebního vzorku dle ISO 11343

3.3.4 VYHODNOCENÍ PODLE TYPU PORUŠENÍ DLE ISO 10365 [5, 17]

Norma ISO 10365 popisuje všechny důležité typy porušení lepeného spoje, které mohou nastat. V tabulce 3.2 je celkový přehled vzorů selhání dle této normy. Zkouška jednoznačně neurčuje použití lepidel ani substrátů, lze ji tedy použít univerzálně, popisuje základní typy porušení, které se mohou při porušení lepeného spoje vyskytnout, bez ohledu na typ použité mechanické zkoušky. Vyhodnocuje se a uvádí procentuální podíl jednotlivých typů porušení. Obecně je používána pro kvalitnější posouzení výsledků mechanických zkoušek adheze lepených spojů, doplňuje tedy kvantitativně naměřenou hodnotu. Lepená plocha se rozdělí na 10 velikostně si

odpovídajících částí a vyhodnotí se procentuální podíl jednotlivých typů porušení v každé oblasti. Na protokolu o měření se vždy uvádí průměrná hodnota ze všech oblastí.

Tab. 3.2 Označení vzorů selhání dle ISO 10365

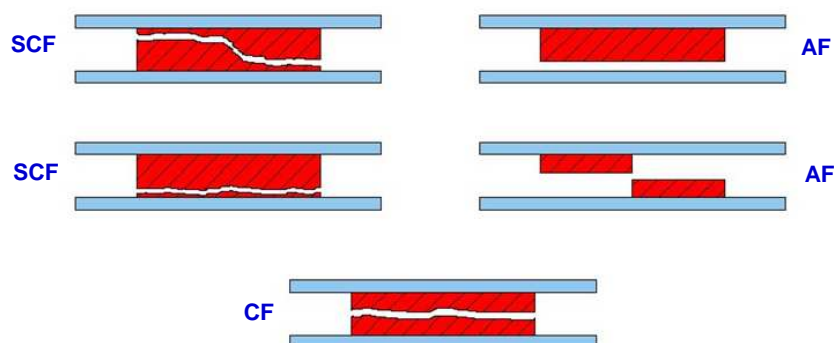
Označení vzorů selhání dle ISO 10365		
Substrát	Vzory selhání	Označení
	Selhání jednoho nebo obou lepených dílů (selhání substrátu)	SF
	Selhání lepeného dílu (kohezní selhání lepeného dílu)	CSF
	Selhání oddělením vrstvy	DF
Lepidlo	Typy kohezního selhání	
	Kohezní selhání	CF
	Speciální kohezní selhání	SCF
	Selhání lepidla	AF
	Selhání lepidla a kohezní selhání s odlupováním	ACFP

Hlavní typy porušení a jejich označení jsou zobrazeny na obr. 3.6. Kohezní porušení lepeného spoje (CF) je porušení v lepidle nebo naopak v substrátu. Adhezní porušení (AF) je porušení na rozhraní lepidlo / substrát.

CF – kohezní porušení lepeného spoje

SCF – speciální kohezní porušení lepeného spoje (kohezní porušení na hranici substrátu)

AF – adhezní porušení lepeného spoje



Obr. 3.6 Hlavní typy porušení lepeného spoje dle ISO10365

3.4 METODY VYHODNOCENÍ TESTOVANÝCH DVEŘÍ

3.4.1 REÁLNÝ CRASH TEST [18]

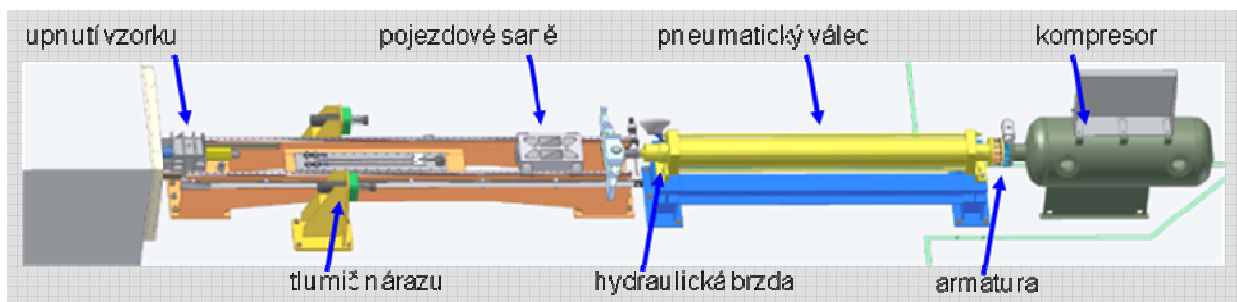
Crash test reálného dílu byl proveden na testovacím zařízení ve firmě Voestalpine, se sídlem v Linzi. Schématické znázornění zařízení je na obr. 3.7.

Charakteristiky zařízení:

- Zařízení je určeno pro crash test na modelových dílech, materiálových vzorcích nebo k testování k reálných součásti, které je ale omezeno možnostmi upnutí do držáku vzorku
- Parametry: hmotnost, rychlost a teplota
- Hodnocení: vizuální kontrola včetně video záběrů z vysokorychlostní kamery

Parametry zařízení:

- Hmotnost crashových pojezdových saní: 76–268 kg (standard – 126 kg)
- Maximální rychlost: 70 km/h
- Maximální tlak stlačeného vzduchu: 16 bar
- Válec: průměr pístu – 320 mm, zdvih – 2800 mm



Obr. 3.7 Crash tester u rakouské firmy Voestalpine

Skutečná rychlost beranu při testu: 47 km/h

Skutečná hmotnost beranu při testu: 128 kg



3.4.2 VYHODNOCENÍ PORUŠENÍ U TESTOVANÝCH DVEŘÍ

Vyhodnocení crashovaných reálných dílů proběhlo jednak vizuálně v souladu s uvedenou normou ISO 10365, její popis je v kapitole 3.3.4. Dále byla pořízena a zpracována fotodokumentace pro možnost srovnání a vyhodnocení porušení lepených spojů. Dokumentace je též doplněna záběry z vysokorychlostní kamery, kde předmětem zájmu bylo sledování eventuálního porušení spodního lemu testovaných dveří.

Z odcrashovaných reálných dílů byly také pořízeny jemné výbrusy pro kvalitnější možnost posouzení typů porušení právě z partií, ve kterých došlo k největšímu namáhání při crash testu.

3.5 PŘÍPRAVA VZORKŮ

Při přípravě vzorků byly zohledněny provozní podmínky při vytváření lepeného spoje. Zejména bylo zohledněno nanesení vrstvy maziva na substrátu a prodlevy mezi jednotlivými operacemi vytváření lepeného spoje.

Vzorky byly připraveny ze dvou substrátů, kombinace HDG a HDG - NIT.

Nejdříve byly vzorky nastříhány na tabulových nůžkách z plechových tabulí na požadované rozměry vzorků.

Pro zkoušku stanovení pevnosti v odlupu ISO 11339: 200 x 25 mm

Pro zkoušku stanovení smykové pevnosti v tahu PV 12.35: 150 x 25 mm

Pro zkoušku stanovení dynamické odolnosti ISO 11343: 20 x 90 mm

Po nastříhání vzorků byly okraje vzorků začištěny pilníkem a na vzorcích pro smykovou zkoušku zhotoveny rysky ve vzdálenosti 10 mm od okraje pro jednodušší slepení a dodržení desetimilimetrové vzdálenosti. A zkoušku v odlupu bylo nutné v délce 150 mm, tedy opět v místě označeném ryskou vytvořit ohyb vzorku pod úhlem 90°.

Následně byly vzorky očištěny od nečistot a odmaštěny pomocí acetonu. Po odmaštění následovalo srovnání vzorků do skupin dle typů zkoušek, použitých lepidel a způsobů vytvrzení a razníkem označeny všechny vzorky pro jednoznačnou identifikaci.

Protože karosářské výlisky, které jsou vyráběny z plechových svitků či tabulí, jsou ošetřeny konzervačním olejem, který se před vlastním lepením již neodstraňuje, bylo na vzorky nanесeno mazivo ANTICORIT PL 3802-39 LV v množství 3 g/m².

Vlastní lepení proběhlo nanесením lepidla z kartuší plněných od výrobce. Na vzorky bylo nanесeno lepidlo v množství, které zaručilo požadovaný přetok a do lepidla byly vloženy distanční drátky Ø 0,2 mm, které zajistily konstantní tloušťku lepidla při vzájemném sevření lepených substrátů. Přiložením obou kusů k sobě a zafixováním svorkami vznikl vzorek připravený k vytvrzení.

3.6 VÝROBA DVEŘÍ

Pro výrobu dveří bylo částečně využito automatické linky předních dveří ve svařovně Škoda Auto a.s. Typické přední dveře byly vyrobeny nestandardním způsobem. Nanесení lepidel proběhlo ručním způsobem pomocí AKU nanášecí pistole z kartuší. A dveře také neprodělaly předželatinační proces.

Stejně jako vzorky byly dveře sestaveny ze dvou substrátů, vnitřní plech ze substrátu HDG a vnější plech ze substrátu HDG - NIT, jak je znázorněno na obr. 3.7 a 3.8.



Obr. 3.7 Vnitřní plech – substrát HDG



Obr. 3.8 Vnější plech – substrát HDG - NIT

3.7 CHARAKTERISTIKA VYTVRZENÍ VZORKŮ A DVEŘÍ [8]

Vytvrzení svařovenských lepidel probíhá za působení dvou faktorů: teploty a času. Při působení těchto dvou faktorů dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. vytvrzování a lepený spoj dostává požadované pevnostní charakteristiky.

Vytvrzení 1/3 vzorků proběhlo v sušárně Venticell od firmy BMT (obr. 3.9). Podmínky vytvrzování odpovídaly podmínkám, které jsou při technologii lepení dodržované v technologické praxi.

Vytvrzovací teplota: 180 °C

Doba vytvrzení: 20 min.



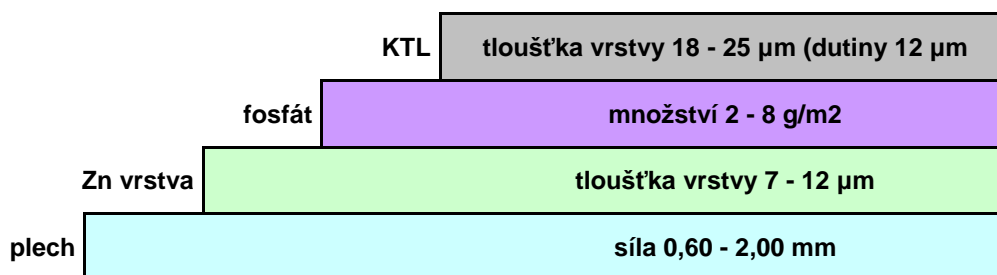
Obr. 3.9 Sušárna Venticell 222

Vytvrzení 2/3 vzorků a předních dveří proběhlo v lakovně Škoda Auto a.s.. Vzorky byly zavěšeny do karoserie na vodivý drát a po průjezdu lakovnou byly vyjmuty, testované přední dveře byly v karoserii umístěny standardním způsobem.

Provoz lakovny je součástí přímého výrobního toku navazující na provoz svařovny, v lakovně se provádí odmašťování karoserií, fosfátování a ponorové lakování karoserií do protikorozní vrstvy kataforézy. Po příjezdu karoserie ze svařovny je provedeno dvoustupňové odmaštění v lázních

předúprav kombinací ponor / postřik. Poté je na povrch aplikována první ochranná protikorozi fosfatizační vrstva v množství (2 – 8 g/m²). Po provedení oplachu, pasivace, následného dalšího oplachu a naklápění je provedena aplikace druhé vrstvy protikorozi ochrany EC základování (tloušťka vrstvy 18 – 25 µm, dutiny 12 µm), poté karoserie projede oplachy, ponory, postřiky + odkapávání a vypálení v předsušce a v sušce. V předsušce dosahuje teplota 140°C po dobu 6 min., v sušce dosahuje teplota 180°C po dobu 14 min.. Lepidla proto musejí být schopna vytvrzení za teplotně-časových parametrů odpovídajících procesům během KTL.

Po provedení výše uvedené protikorozi ochrany se na karoseriích provádějí následující pracovní operace. V první části linky je prováděno hrubé utěšňování a jsou pokládány protihlukové magnetické folie. V další části linky je ve stříkacích boxech proveden čtyřmi robotovými stanicemi automatický nástřik spodku PVC. Dále je prováděno jemné utěšňování, po kterém karoserie projíždí suškou PVC (náběhová teplota 135°C, konečná 185°C), kde dojde k předželatinaci. Poslední pracovní činností v lakovně základu je broušení defektů KTL, včetně přípravy karoserie před nástřikem plniče. Na obr. 3.10 je znázorněn systém povrchové úpravy karoserie po průjezdu lakovnou základu.



Obr. 3.10 Systém povrchové úpravy

3.8 KOROZNÍ ZATÍŽENÍ VZORKŮ A TYPICKÝCH DVEŘÍ [19]

Vozidla v reálném provozu jsou různého data výroby, tzv. každé je jinak staré. Na vozidla působí mnohdy agresivní prostředí především v zimních



měsících, kdy na karoserii jsou kladeny vysoké nároky s ohledem na korozní zatížení. Cílem diplomové práce bylo posoudit i vliv podmínek reálného provozu na pevnost lepených spojů na karoserii a vyhodnotit, zda doba provozu osobního vozu má vliv na pevnost lepených spojů a tím i vliv na pasivní bezpečnost.

Z hlediska přiblížení se co nejvíce reálným podmínkám by bylo objektivnější provádět zkoušky přirozeného stárnutí, kde zatížení nejvíce odpovídá skutečnému zatížení v reálné provozu, ale protože se jedná o zkoušky dlouhodobé, tak z hlediska časového a ekonomického byla zvolena zkouška umělého stárnutí. Výhodou této zvolené zkoušky je zkrácený čas zkoušek, kdy se využívá „aktivního prostředí“ a provádí se simulace zátěže z hlediska teplot i prostředí.

Pro simulaci provozních podmínek byl zvolen test korozního zatěžování dle PV 1210 v zařízení SKP 1000 A-TR, což je pultový typ jednotky pro provádění kombinovaných testů korozní zátěže, kdy působením kondenzované vody a solné mlhy dochází ke koroznímu stárnutí.

Zkouška je cyklicky se měnící kombinace různých druhů klimatického a (nebo) korozního namáhání.

Složení zkouškového cyklu:

- 4 hod. zkoušky v solné mlze, zkoušková metoda NSS dle DIN EN ISO 9227
- 4 hod. skladování při normálním klimatu dle ISO 554 – 23/50
- 16 hod. skladování ve vlhkém teple, zkouškové klima CH dle EN ISO 6270 – 2

Změna programu zkoušky je zásadně nepřípustná. Vždy po 5 cyklech následuje dvou denní klidová fáze v normálním klimatu dle ISO 554 – 23/50. Zkouška s 60 cykly trvá celkově 12 týdnů (zkouška s 90 cykly trvá celkově 18 týdnů). Touto zkouškou se hodnotí korozní vlastnosti při statickém namáhání solí, vlhkem a teplotou.

Pro zkoušky bylo zvoleno 60 cyklů dle PV 1210.



4 NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

V následujících tabulkách jsou zpracovány výsledky normalizovaných zkoušek uvedených v kapitole 3.5. U každé zkoušky bylo provedeno pět měření, výsledné hodnoty v tabulkách jsou tedy hodnotami průměrnými.



4.1 PEVNOST V ODLUPU DLE ISO 11339

Tab. 4.1 Zkouška dynamické odolnosti dle ISO 11339

Pevnost v odlupu dle ISO 11339								
použité lepidlo	způsob vytvrzení / korozní zatížení		σ _s [N/mm]	s [N/mm]		CF [%]	SCF [%]	AF [%]
BETAMATE 1496F	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení		9,85	0,44		100	0	0
	KTL / bez kor. zatížení		9,58	0,26		100	0	0
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210		10,83	0,67		90	0	10
SikaPower 492G	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení		7,64	0,60		100	0	0
	KTL / bez kor. zatížení		7,85	0,31		100	0	0
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210		9,63	0,36		95	0	5
BATAGUARD RB 214BV	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení		4,17	0,26		100	0	0
	KTL / bez kor. zatížení		4,25	0,27		100	0	0
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210		5,15	0,11		85	10	5

Kde:

σ_s je odlupovací pevnost [N/mm]

s je směrodatná odchylka [N/mm]

CF je kohezní porušení lepeného spoje [%]

SCF je speciální kohezní porušení lepeného spoje [%]

AF je adhezní porušení lepeného spoje [%]



4.2 SMYKOVÁ PEVNOST V TAHU DLE PV 12.35

Tab. 4.2 Zkouška smykové pevnosti v tahu dle PV 12.35

Smyková pevnost v tahu dle PV 12.35								
použité lepidlo	způsob vytvrzení / korozní zatížení		τ [MPa]	s [MPa]		CF [%]	SCF [%]	AF [%]
BETAMATE 1496F	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení		21,74	0,62		80	15	5
	KTL / bez kor. zatížení		21,67	0,60		80	15	5
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210		17,99	1,56		30	50	15
SikaPower 492G	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení		20,26	0,49		60	30	10
	KTL / bez kor. zatížení		20,41	0,48		70	25	5
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210		16,56	1,07		40	40	20
BETAGUARD RB 214BV	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení		8,53	0,89		100	0	0
	KTL / bez kor. zatížení		8,40	1,19		100	0	0
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210		6,71	0,97		95	0	5

Kde:

τ je smyková pevnost [MPa]

s je směrodatná odchylka [N/mm]

CF je kohezní porušení lepeného spoje [%]

SCF je speciální kohezní porušení lepeného spoje [%]

AF je adhezní porušení lepeného spoje [%]



4.3 DYNAMICKÁ ODOLNOST DLE ISO 11343

Tab. 4.3 Zkouška dynamické odolnosti dle ISO 11343

Dynamická odolnost dle ISO 11343							
použité lepidlo	způsob vytvrzení / korozní zatížení	p_s [N/mm]	s [N/mm]		CF [%]	SCF [%]	AF [%]
BETAMATE 1496F	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení	30,82	4,88		100	0	0
	KTL / bez kor. zatížení	32,19	4,11		100	0	0
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210	25,09	2,50		100	0	0
SikaPower 492G	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení	27,18	3,54		100	0	0
	KTL / bez kor. zatížení	24,38	1,68		100	0	0
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210	23,06	2,97		100	0	0
BETAGUARD RB 214BV	180°C / 20 min. / bez kor. zatížení	18,58	2,58		100	0	0
	KTL / bez kor. zatížení	14,69	0,89		100	0	0
	KTL / 60 cyklů dle PV 1210	12,21	2,10		0	100	0

Kde:

p_s je rázová odlupovací pevnost [N/mm]

s je směrodatná odchylka [N/mm]

CF je kohezní porušení lepeného spoje [%]

SCF je speciální kohezní porušení lepeného spoje [%]

AF je adhezní porušení lepeného spoje [%]



5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

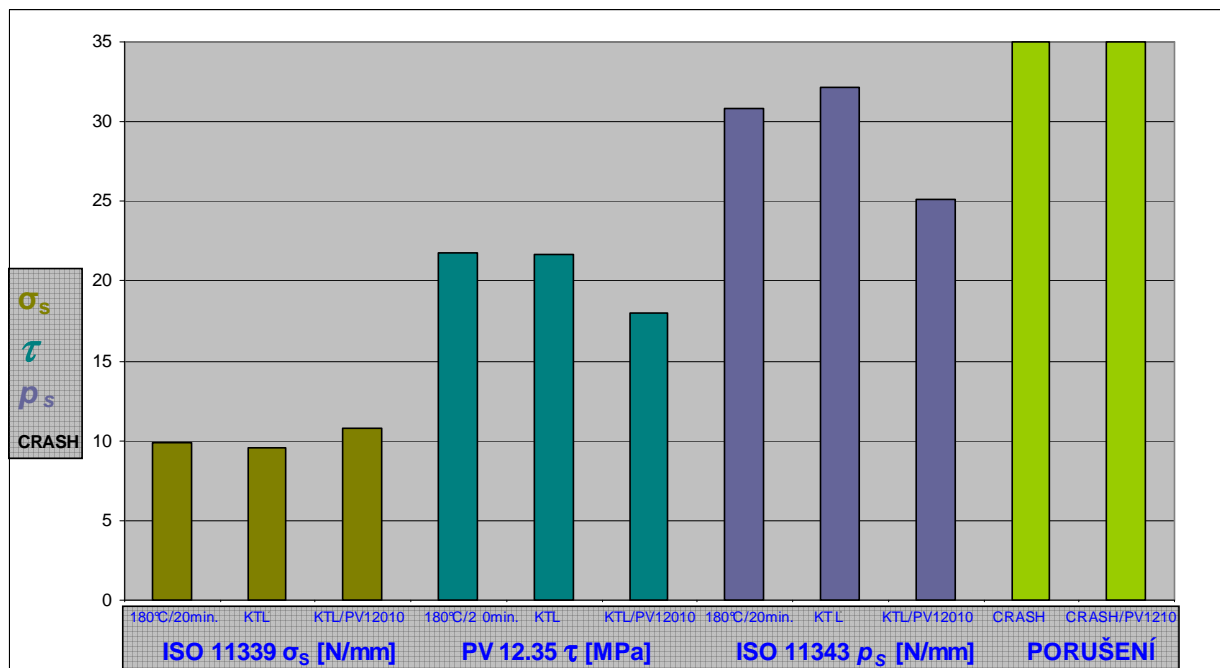
Z naměřených hodnot uvedených v tabulkách byly pro každé lepidlo sestrojeny přehledné grafy pro posouzení jednotlivých způsobů vytvrzení (včetně vlivu korozního zatížení na 1/2 vzorků vytvrzených v KTL) a pro porovnání s výsledky crash testu.

Pro každé použité lepidlo jsou sestrojeny sloupkové grafy o souřadnicích dle výstupních hodnot jednotlivých zkoušek a způsobů vytvrzení včetně korozního zatížení a grafy zachycující typ porušení taktéž v závislosti na způsobu vytvrzení a eventuálním korozním zatížením, v grafech je též zobrazen výsledek subjektivního hodnocení crash testu.

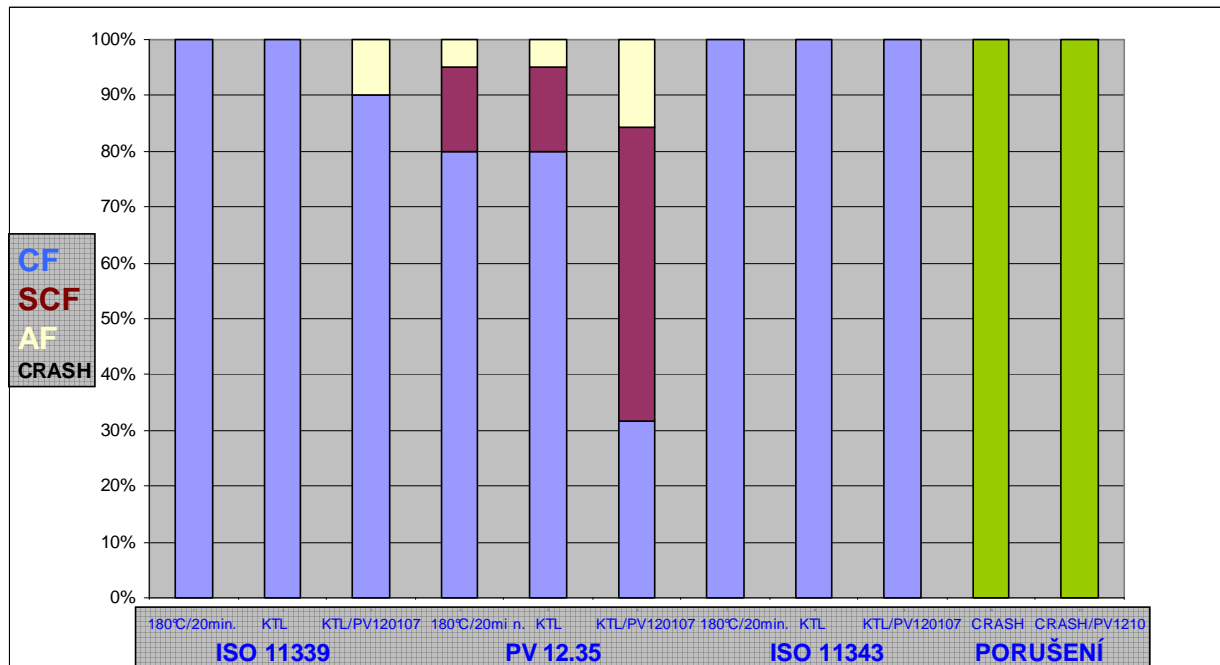
Součástí vyhodnocení crash testu jsou mimo pořízené fotodokumentace i jemné výbrusy z míst spodního lemu, ve kterých došlo k největší deformaci při crash testu. Poloha místa jemného výbrusu byla odměřena posuvným metrem od hrany lemu tak, aby bylo možno hodnotit identická místa porušených lemů. Hodnocení crash testu je tedy pouze vizuálním subjektivním hodnocením porušení lepeného spoje.



5.1 HODNOCENÍ BETAMATE 1496F

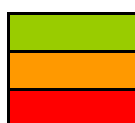


Obr. 5.1 Graf vyhodnocení pevnostních charakteristik pro lepidlo BETAMATE 1496F



Obr. 5.2 Graf typu porušení lepeného spoje pro lepidlo BATEMATE 1496

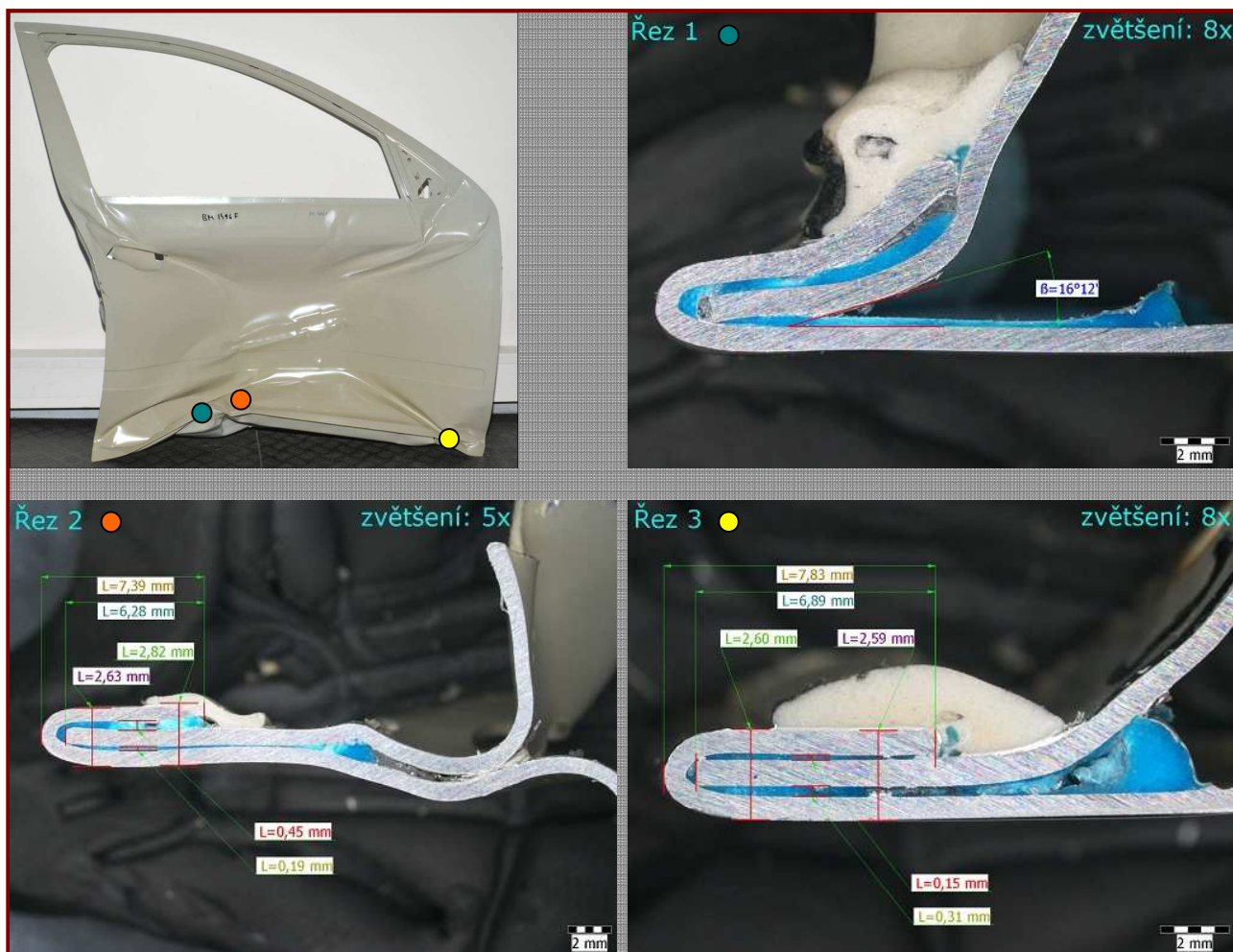
Kde:



znamená málo otevřený lem
znamená viditelně otevřený lem
znamená zcela otevřený lem



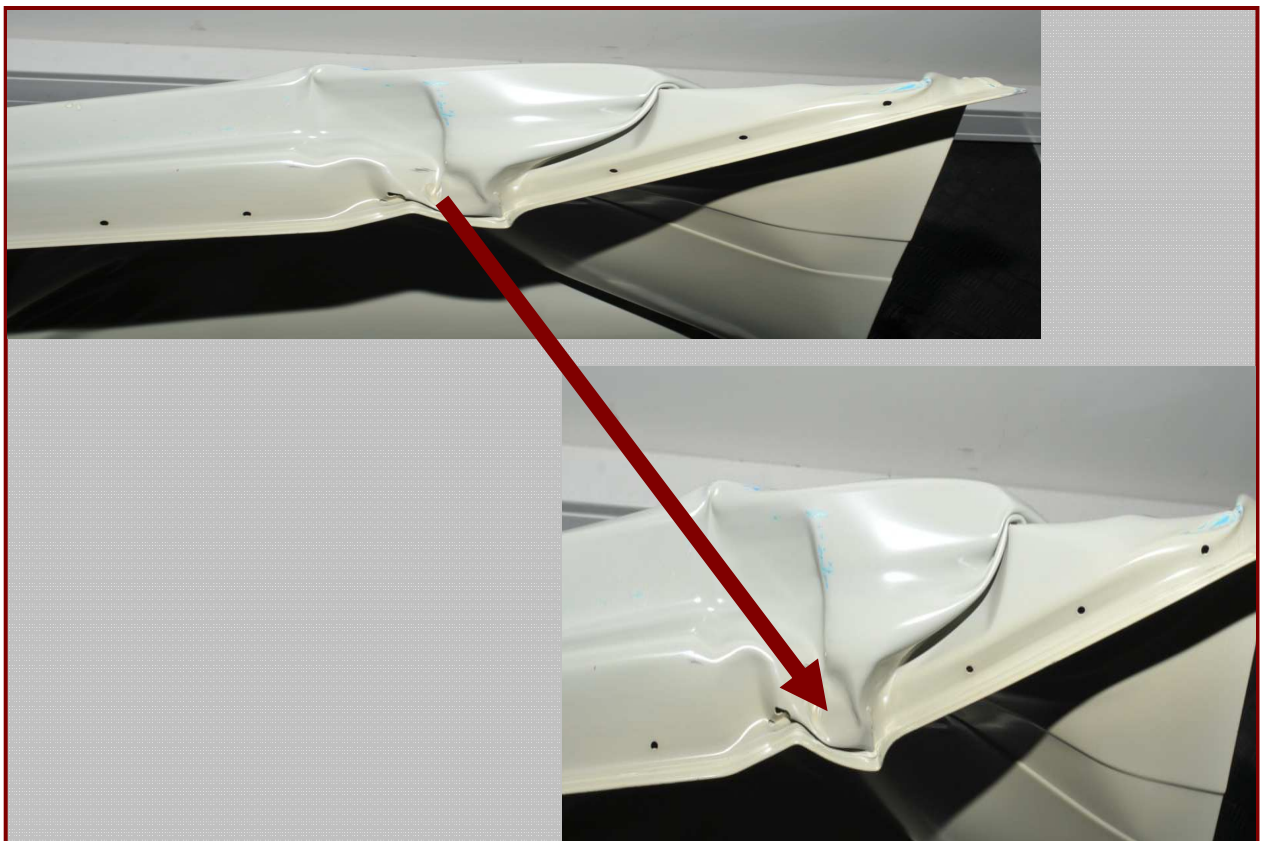
BETAMATE 1496F – bez PV 1210



Obr. 5.3 Jemný výbrus míst s největší deformací spodního lemu – bez PV 1210



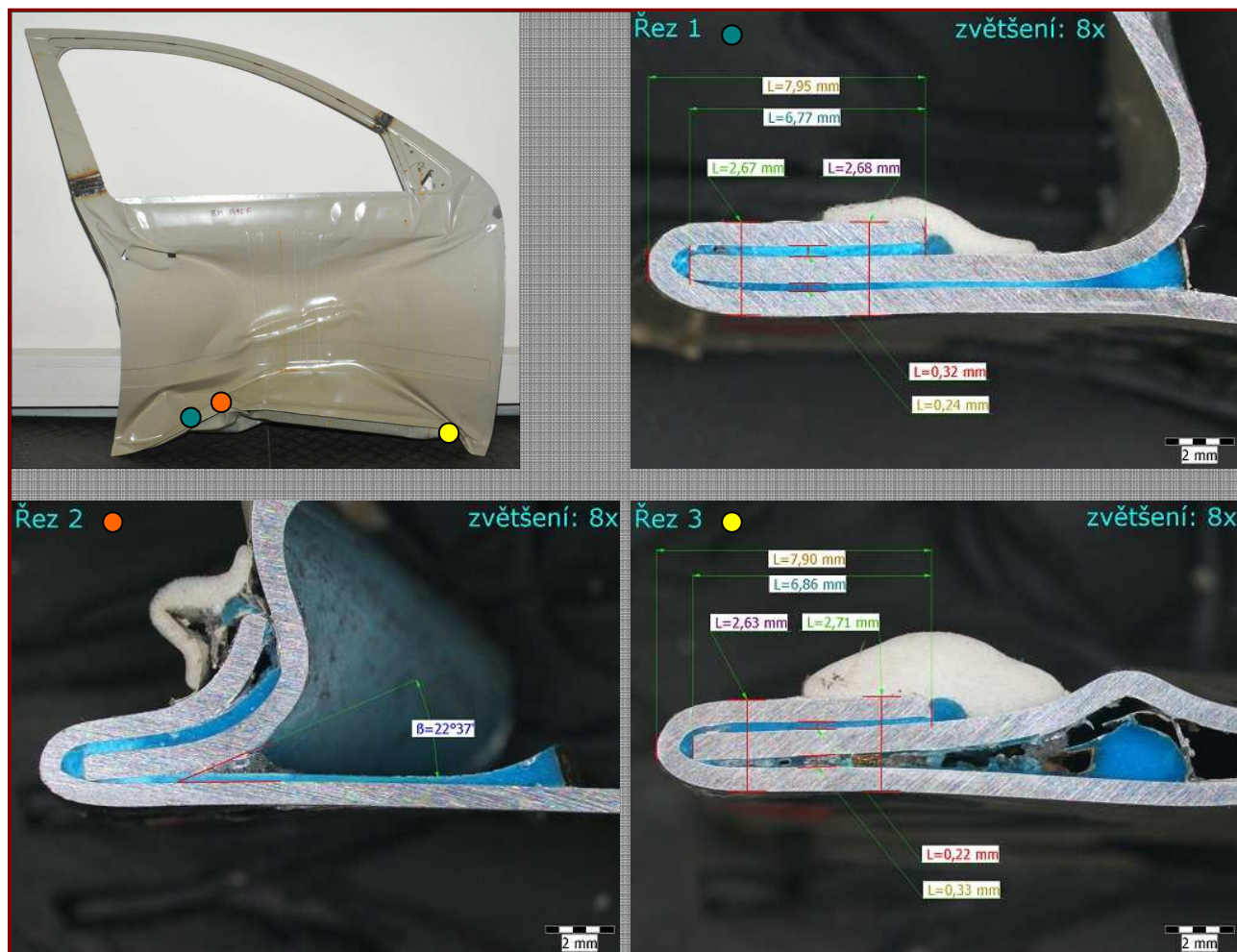
Obr. 5.4 Detail porušení místa (mezi body ● a ●) s největší deformací – bez PV 1210



Obr. 5.5 Okolí místa s největší deformací



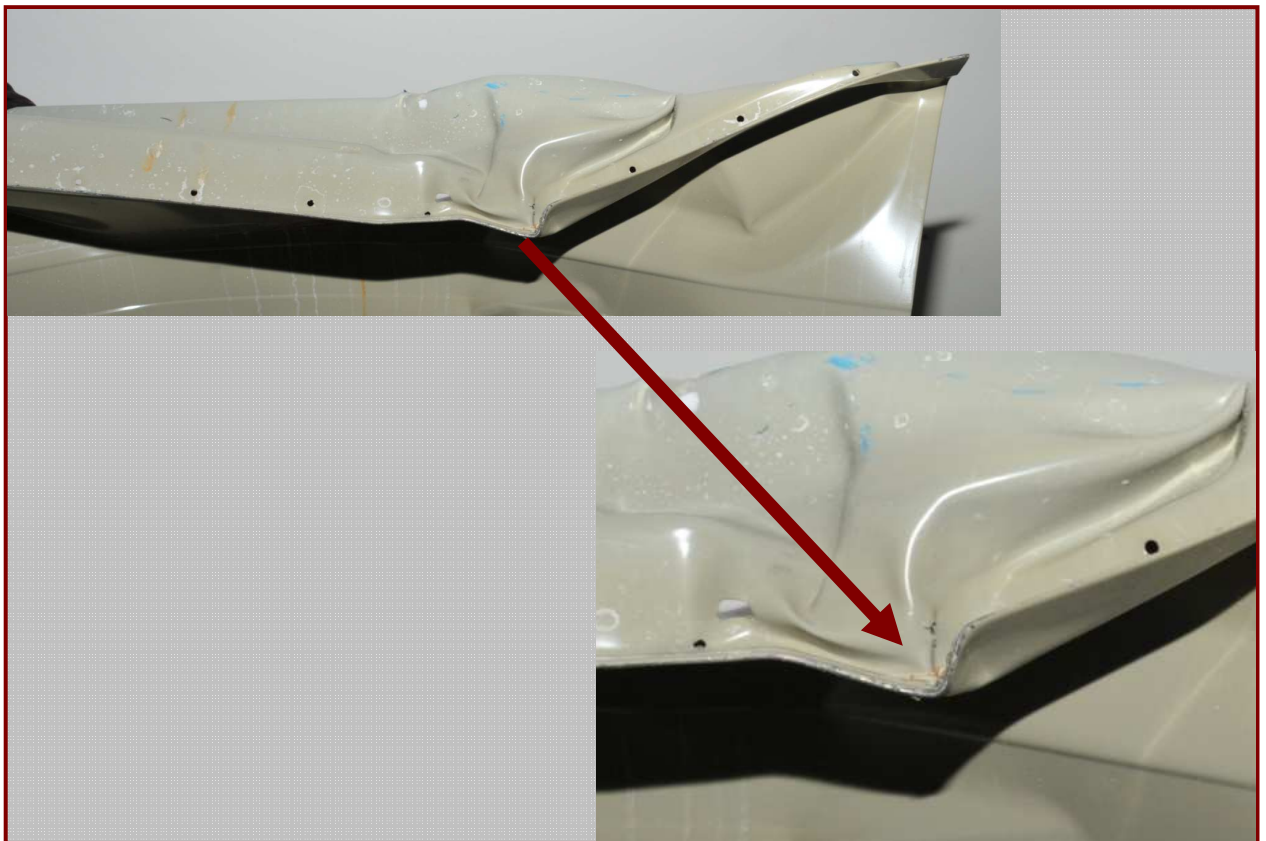
BETAMATE 1496F – po PV 1210



Obr. 5.6 Jemný výbrus míst s největší deformací spodního lemu – po PV 1210



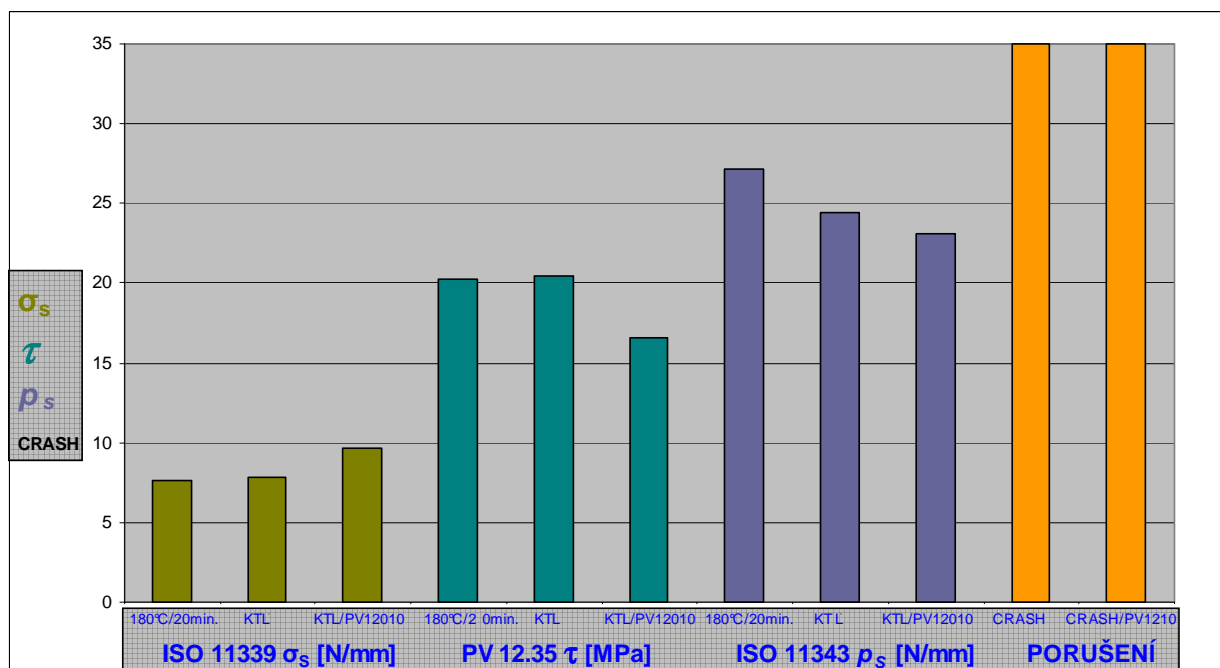
Obr. 5.7 Detail porušení místa (mezi body● a ●) s největší deformací – po PV 1210



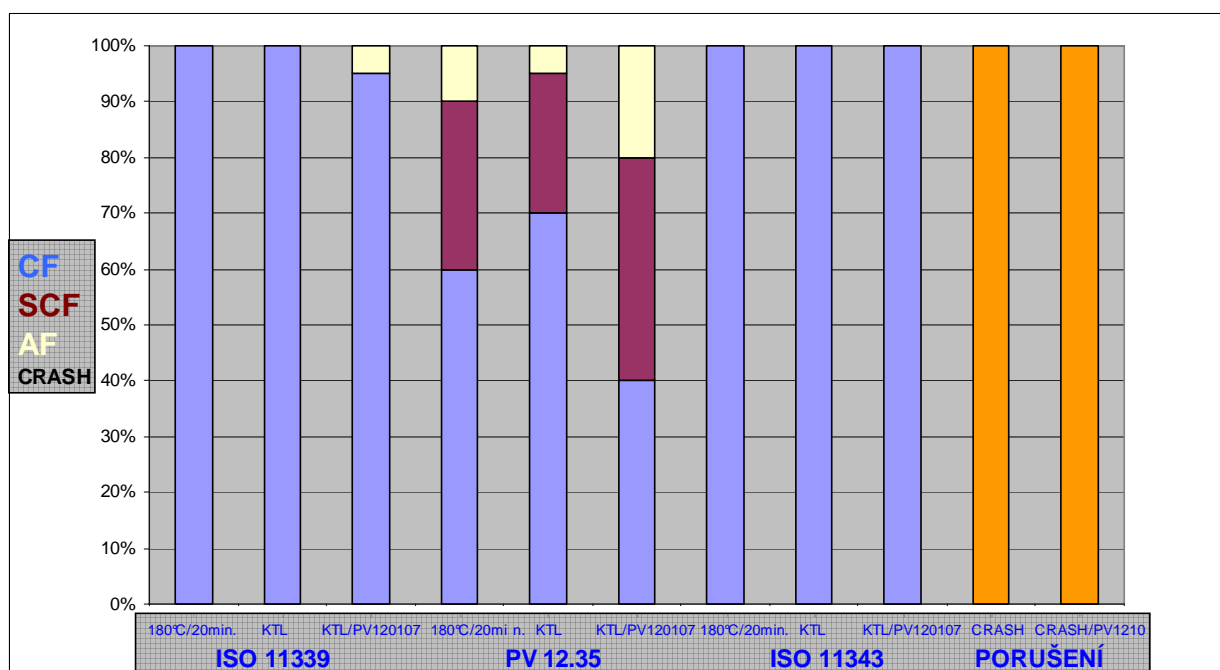
Obr. 5.8 Okolí místa s největší deformací



5.2 HODNOCENÍ SikaPower 492G



Obr. 5.9 Graf vyhodnocení pevnostních charakteristik pro lepidlo SikaPower 492G



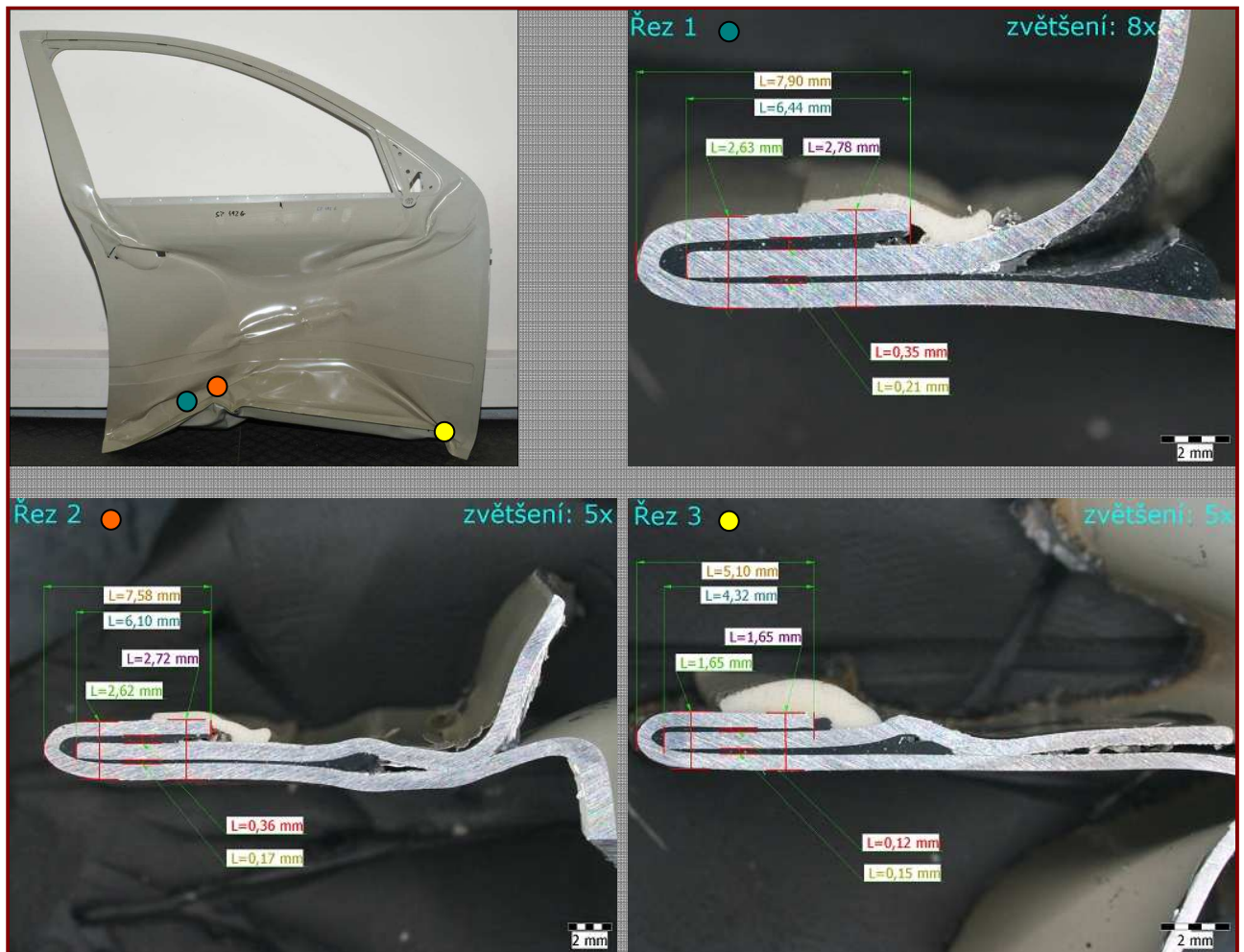
Obr. 5.10 Graf typu porušení lepeného spoje pro lepidlo SikaPower 492G

Kde:

	znamená málo otevřený lem
	znamená viditelně otevřený lem
	znamená zcela otevřený lem



SikaPower 492G – bez PV 1210



Obr. 5.11 Jemný výbrus míst s největší deformací spodního lemu – bez PV 1210



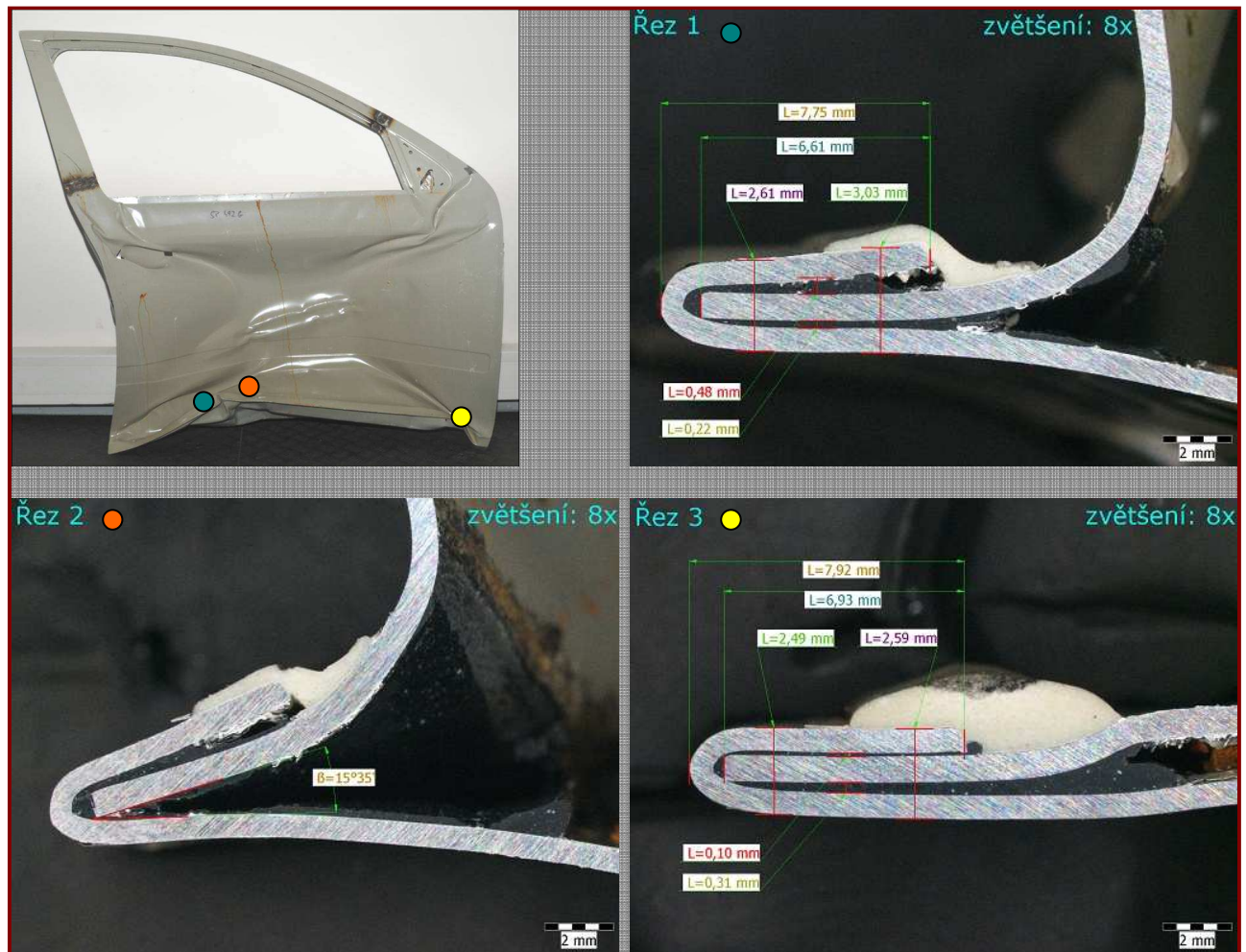
Obr. 5.12 Detail porušení místa (mezi body ● a ●) s největší deformací – bez PV 1210



Obr. 5.13 Okolí místa s největší deformací



SikaPower 492G – po PV 1210



Obr. 5.14 Jemný výbrus míst s největší deformací spodního lemu – po PV 1210



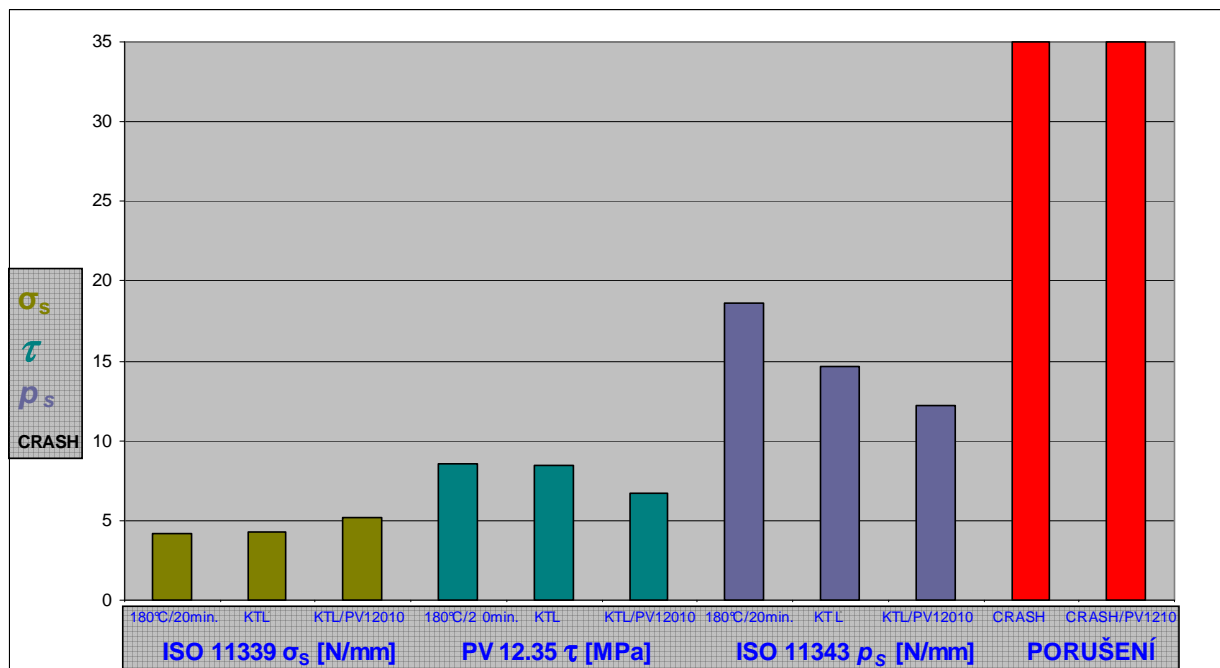
Obr. 5.15 Detail porušení místa (mezi body ● a ●) s největší deformací – po PV 1210



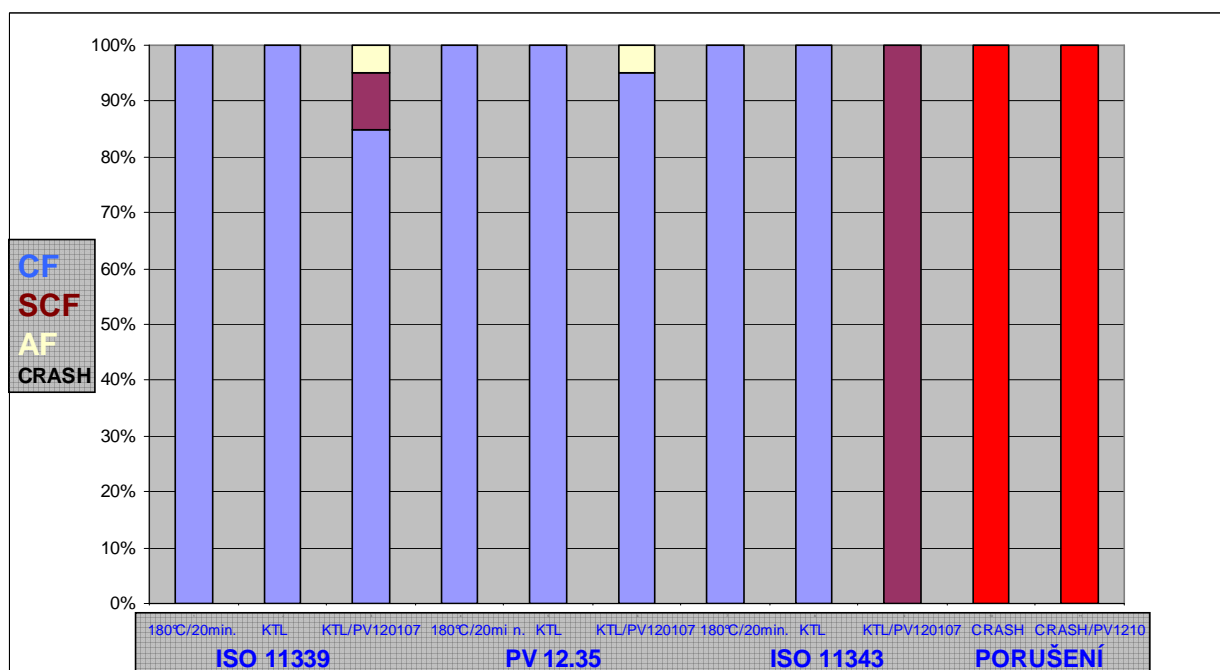
Obr. 5.16 Okolí místa s největší deformací



5.3 HODNOCENÍ BETAGUARD RB 214BV



Obr. 5.17 Graf vyhodnocení pevnostních charakteristik pro lepidlo BETAMATE RB 214BV



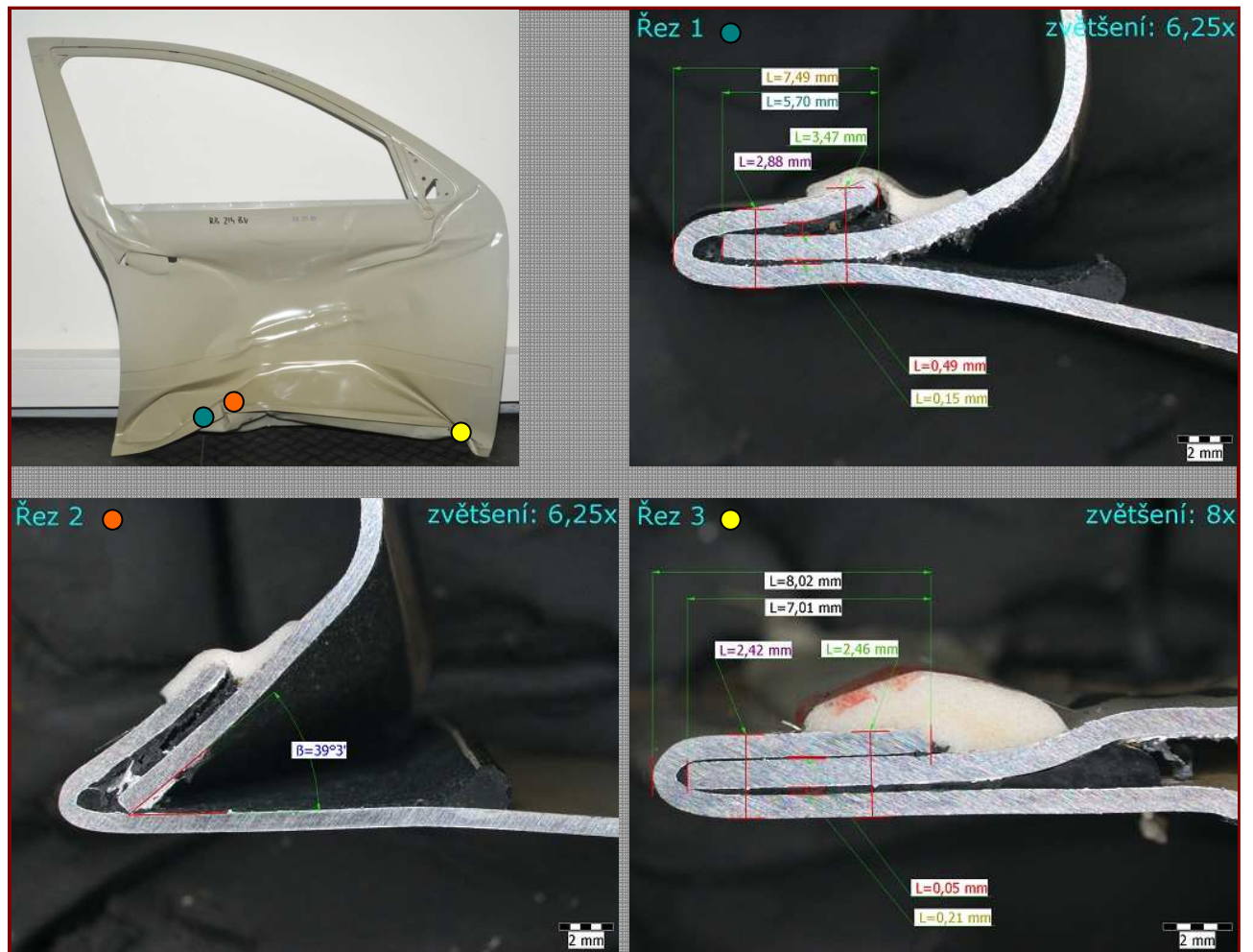
Obr. 5.18 Graf typu porušení lepeného spoje pro lepidlo BETAGUARD RB 214BV

Kde:

zelená	znamená málo otevřený lem
oranžová	znamená viditelně otevřený lem
červená	znamená zcela otevřený lem



BETAGUARD RB 214BV – bez PV 1210



Obr. 5.19 Jemný výbrus míst s největší deformací spodního lemu – bez PV 1210



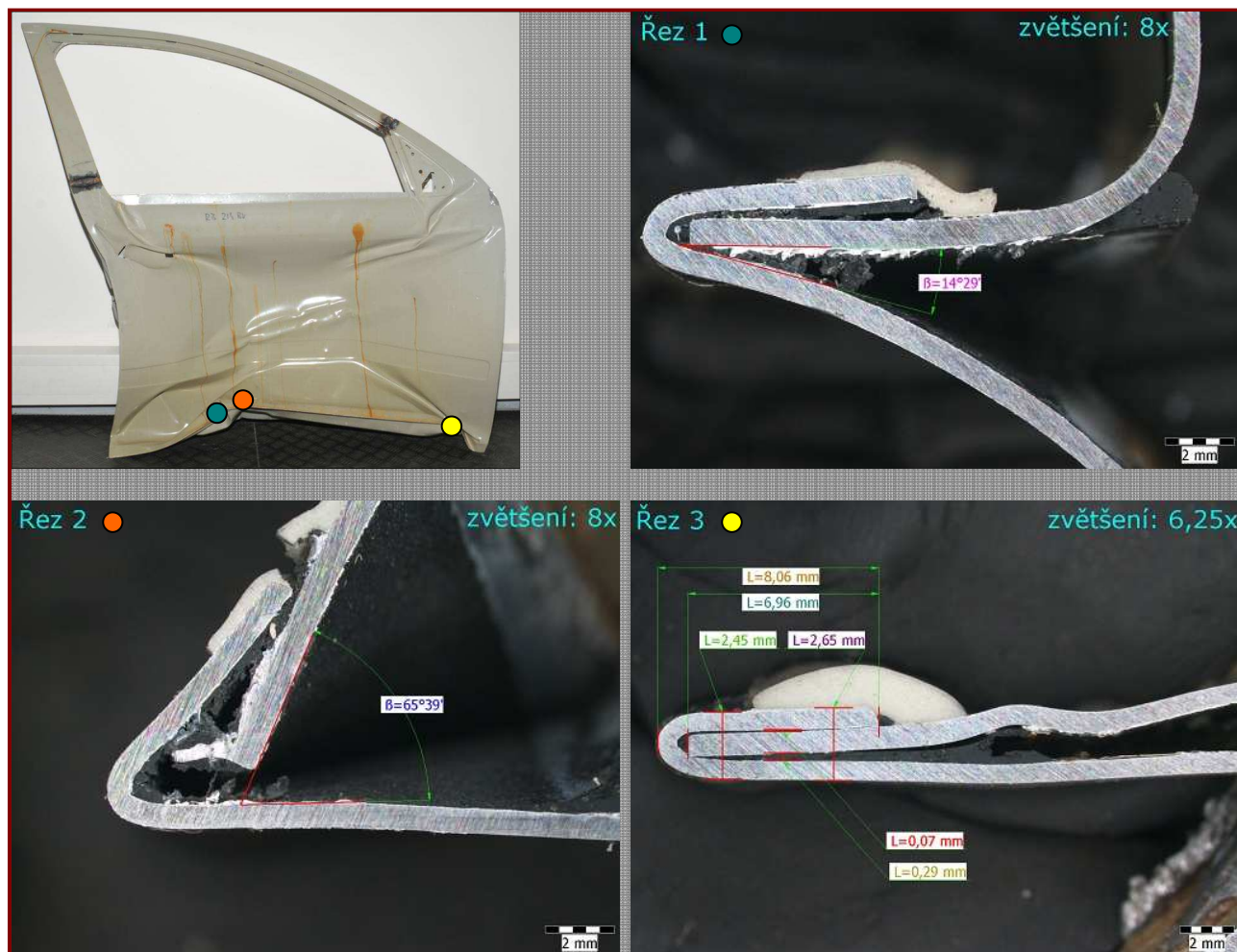
Obr. 5.20 Detail porušení místa (mezi body ● a ●) s největší deformací – bez PV 1210



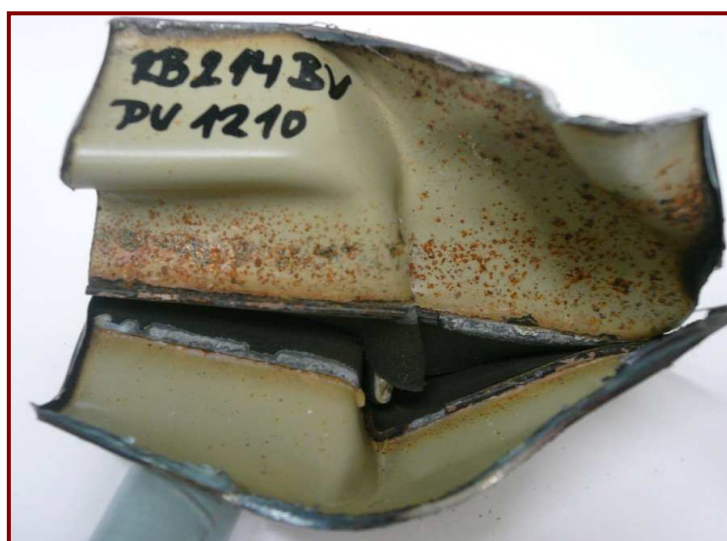
Obr. 5.21 Okolí místa s největší deformací



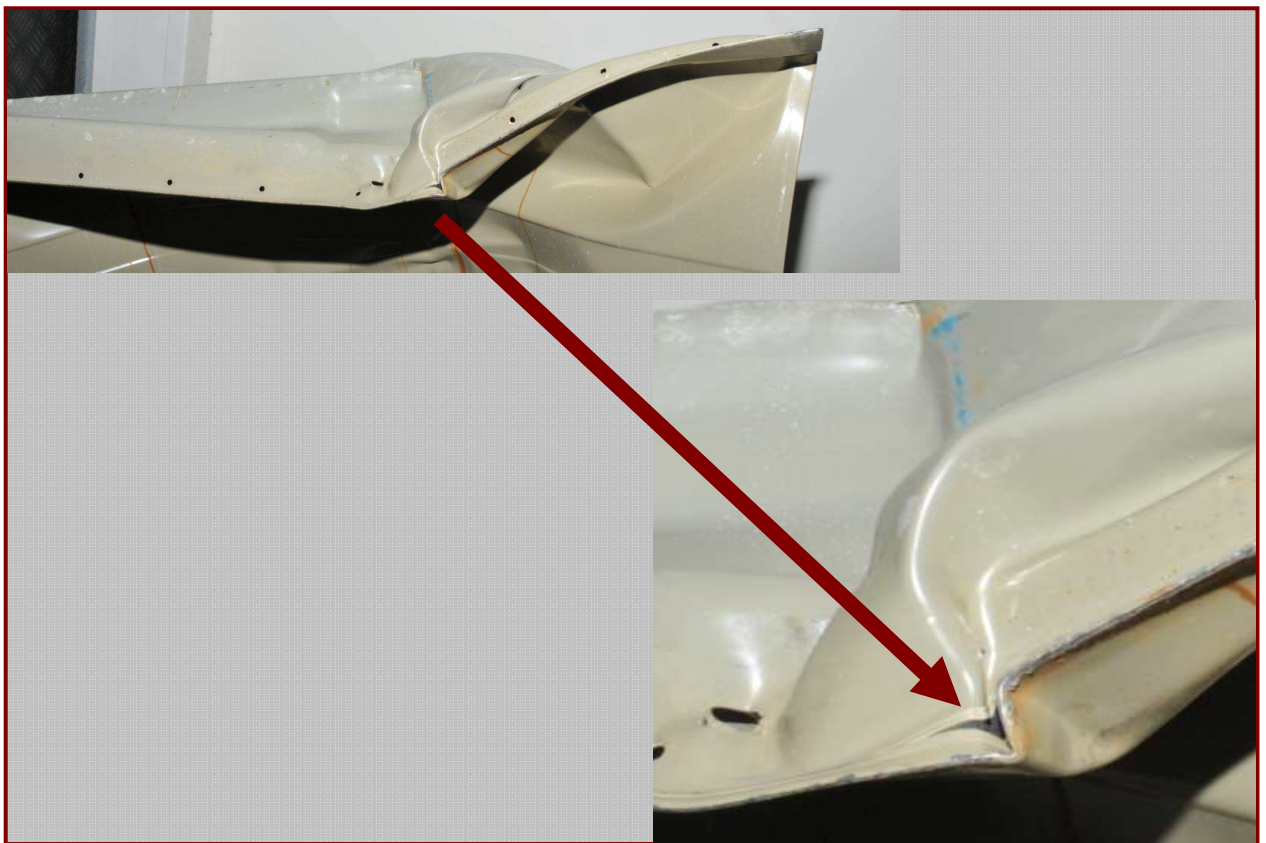
BETAGUARD RB 214BV – po PV 1210



Obr. 5.22 Jemný výbrus míst s největší deformací spodního lemu – po PV 1210



Obr. 5.23 Detail porušení místa (mezi body ● a ●) s největší deformací – po PV 1210



Obr 5.24 Okolí místa s největší deformací

5.4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Porovnání zkoušených lepidel lze shrnout do následujících charakteristik, které vyplývají z uvedených grafů a rozboru crash testu.

Všechny provedené zkoušky svým trendem potvrzují charakteristiky lepidel uváděných v materiálových listech.

Dle předpokladu nejvyšších pevnostních hodnot dosáhlo lepidlo na základu epoxidové pryskyřice, nižší pevnostní hodnoty byly dosaženy s lepidlem epoxido-hybridním a hodnoty nejnižší vykázalo lepidlo na bázi syntetického kaučuku.

Epoxidové lepidlo nedosáhlo při laboratorní zkoušce rázové pevnosti (ISO 11343) hodnot uváděných výrobcem v materiálovém listu. Maximální hodnota odlupovací pevnosti 38,06 N/mm byla naměřena na pátem vzorku vytvrzeném v KTL. Výrobce uvádí ve svém materiálovém listu hodnotu 41 N/mm. Zjištěný rozdíl může být způsoben např. rozdílnou volbou použitých substrátů, výrobce také neuvádí, jaké materiály byly použity a ani způsob vytvrzení není v materiálovém listu uveden.

Další skutečností, která vyplývá z dvou zkoušek (PV 12.35 a ISO 11343), je vliv korozního zatížení, který pevnostní charakteristiky jednoznačně snižuje a ukazuje na fakt, že agresivní prostředí má na pevnost lepeného spoje zásadní vliv. Tento jednoznačný trend se týká stejnou měrou všech lepidel. Z crash testu je patrné, že nejnižší korozní odolnost vykazuje epoxido-hybridní lepidlo, což ale nekoresponduje s výsledky normalizovaných zkoušek.

Zkouška v odlupu (ISO 11339) u všech zvolených lepidel vykazuje opačný trend dosažením nejvyšších pevnostních hodnot po korozním zatížení. Jako vysvětlení lze uvést, že zkouška pevnosti v odlupu je zkouška, která je ze všech zvolených zkoušek nejvíce ovlivnitelná důsledným dodržením technologického postupu při přípravě vzorků, a tudíž zkouška s poměrně velkým rozptylem hodnot. Rozptyl hodnot odlupovací pevnosti v závislosti na způsobu vytvrzení a korozním zatížení je v tomto experimentu minimální. Další skutečností může být stárnutí substrátů zvolené kombinace při korozním testu a také pevnostní vlastnosti lepidla se stárnutím mění.



Pomalý odlup svou podstatou zkoušky určuje adhezní a kohezní síly a také to, jak lepidlo odolává korozi. Z tohoto pohledu není v korozní odolnosti zásadní rozdíl mezi v experimentu použitými lepidly.

K vyhodnocení typu porušení lze uvést, že všechna lepidla vykazují jako převažující typ porušení požadovaný kohezní typ (CF) selhání lepeného spoje. Speciální typ kohezního porušení (SCF) se vyskytuje převážně u zkoušky smykové pevnosti v tahu PV 12.35 a 100% porušení tohoto typu vykazuje kaučukové lepidlo po korozním zatížení při rázové zkoušce (ISO 11343). Nežádoucí adhezní typ (AF) se v poměrně malé míře vyskytuje u všech lepidel u smykové zkoušky (PV 12.35) a zde se také ukazuje zásadní vliv korozního zatížení na tento typ porušení.

Z uvedených výsledků není možné vysledovat nějakou zřejmou závislost mezi typem porušení a dosaženými pevnostními hodnotami.

Také v crash testu lze vysledovat určité tendence. Ukazuje se opět jednoznačný vliv korozního zatížení na pevnost lepených spojů, tento trend se týká stejnou měrou všech lepidel. Z jemných výbrusů je patrné, že v místě největší deformace došlo po korozním zatížení k zjevnému otevření lemu, jak je vidět především v řezu 2.

U kaučukového lepidla došlo k otevření lemu i u dveří korozně nezatížených, což je dáno jinou kategorií lepidla, než jsou lepidla epoxidová nebo epoxido-hybridní. Také všechny v experimentu provedené normalizované zkoušky potvrzují u kaučukového lepidla nejnižší dosažené pevnostní hodnoty. A jak je patrné z obr. 5.21 a 5.22, došlo u tohoto lepidla v místě největší deformace zcela k otevření lemu, což je patrné i v řezu 2, kdy se vzorek v podstatě rozpadl.

I toto lepidlo však plně potvrzuje zásadní vliv korozního zatížení na pevnost lepeného spoje, jak ukazuje zvyšující se úhel otevření lemu v řezu 2. (úhel otevření lemu: bez PV 1210 – $39^{\circ}30'$, po PV 1210 – $65^{\circ}39'$).

Úhel otevření lemu u lepidel na epoxidovém základě je poměrně malý (epoxid: $22^{\circ}37'$, epoxid-hybrid: $15^{\circ}35'$) a ukazuje na dobrou dynamickou odolnost, které bylo dosaženo při zkoušce rázové pevnosti.

Rázová zkouška je zkouška, která se z v experimentu provedených zkoušek svým rychlostním charakterem nejvíce blíží reálnému crash testu,



ale jen v odlupu. Rázová zkouška je tedy ve své podstatě rychlý odlup a charakterizuje jen jeden z vyskytujících se skutečných způsobů namáhání lemu. Při reálném crash testu dochází v lemech bočních dveří ke kombinovanému namáhání. Dalším způsobem namáhání lemů při crash testu je smyk. Jedná se o smykové namáhání za vysokých rychlostí. V experimentu provedená smyková zkouška (PV 12.35) byla provedena zkušební rychlostí 50 mm/min. To je z pohledu crash testu rychlost velmi malá, pro bližší přiblížení se reálné situaci by bylo lepší provádět dynamický smyk, tzn. smyk za vysokých rychlostí, který lépe popisuje pohlcení energie při nárazu.

Při rázové zkoušce nejvyšších pevnostních hodnot bylo dosaženo s epoxidovým lepidlem. Porovnáním charakteru lomu u těchto dvou svým základem podobných, a tudíž srovnatelných lepidel zjistíme, že přestože úhel otevření lemu je u epoxidu větší než u epoxido-hybridu, je u epoxidu dosaženo vyšší kvality lepeného spoje. Přestože již dochází poměrně k vysoké deformaci vnitřního plechu dveří, spojení vnitřního a vnějšího plechu bočních dveří je stále dostatečně pevné a lepidlo zabraňuje vytržení vnitřního plechu z lemu. Což je důležité při kolizích v reálném provozu, kdy tato skutečnost může zabránit vážným poraněním.

S kaučukovým lepidlem bylo dosaženo ve smykové zkoušce zhruba 30% pevnostních hodnot než s epoxidovým lepidlem, ale v rázové zkoušce je tento rozdíl kolem 50%. V rychlém rázu je tedy kaučukové lepidlo proti epoxidovému procentuálně lepší než ve smyku. Hodnoty smykové pevnosti u epoxidového a epoxido-hybridního lepidla jsou téměř identické, přestože epoxidové lepidlo vykazuje vyšší pevnostní charakteristiky v rázové zkoušce. Z tohoto pohledu nelze vysledovat zřejmou závislost mezi smykovou a rázovou zkouškou.



6 ZÁVĚR

V experimentu provedené zkoušky i reálný crash test bočních dveří osobního vozu potvrzují jednoznačný negativní vliv korozního stárnutí na pevnost lepených spojů.

Další skutečností, vyplývající z této práce je, že chování lepidel v reálném crash testu je podobné jako chování v normalizovaných testech. Lze tedy říci, že normalizované zkoušky jsou vhodnou alternativou k reálnému crash testu a jsou také výrazně levnější.

Cílem práce bylo odhadnout chování lepidel na reálných dílech na základě výsledků zkoušek normalizovaných. A výsledky všech zkoušek a testů potvrzují, že tato souvislost existuje. Normalizované zkoušky lze tedy využívat jako porovnávací metodu pro porovnávání lepidel používaných k lepení karosářských výlisků.

Při kolizní situaci v reálném provozu musí také i boční dveře pohltit velké množství energie. Takovéto dveře jsou vystaveny dynamickému kombinovanému namáhání. Z tohoto pohledu bude vhodné doplnit v experimentu provedené zkoušky zkouškou dynamického smyku, který především v kombinaci se zkouškou rázovou lépe popíše chování lepidel v lemech bočních dveří při kolizních situacích.

Podnětem pro další experimentální práce může být i zjištění hraničních pevnostních hodnot normalizovaných zkoušek, kterými lze stanovit kritéria pro provozní zavádění lepidel.



7 SEZNAM LITERATURY

- [1] Pasivní bezpečnost – Věda a technika – archiv (český rozhlas).
Dostupné na WWW:
<http://www.rozhlas.cz/vedaarchiv/portal/zprava/192738>.
- [2] Wikipedie. Dostupné na WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/kategorie:konstrukce-automobil%C5%AF>.
- [3] Studijní podklady. Dostupné na WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/ktp/obsah/vyuka/stud-materialy/spt/lepeni.pdf>.
- [4] KOVAČIČ, L.: Lepenie kovov a plastov. SNTL Praha 1980.
- [5] DOUBEK, P.: Školící kurz pro zaměstnance Škoda Auto a.s.
- [6] PETERKA, J.: Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství. SNTL Praha 1980.
- [7] Technický materiál od firmy Dow Automotive.
- [8] Technický materiál od firmy Škoda Auto a.s..
- [9] Technický informační list Dow Automotive.
- [10] Technický informační list od firmy Sika.
- [11] Technický informační list.
- [12] Technický materiál od firmy ArcelorMittal.
- [13] Technický informační list od firmy Fuchs.
- [14] Mezinárodní norma ISO 11339.
- [15] Koncernová norma PV 12.35.30
- [16] Mezinárodní normy ISO 11343.
- [17] Mezinárodní normy ISO 11365.
- [18] Technický materiál od firmy Voestalpine.
- [19] Koncernová norma PV 1210.



8 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: Fotodokumentace zkoušky v odlupu dle ISO 11339
- Příloha 2: Fotodokumentace zkoušky smykové pevnosti dle PV 12.35
- Příloha 3: Fotodokumentace zkoušky rázové pevnosti štípání klínem ISO 11343
- Příloha 4: Materiálový list lepidla BETAMATE 1496F
- Příloha 5: Materiálový list lepidla SikaPower®- 492G
- Příloha 6: Materiálový list lepidla BETAGUARD RB 214 BV
- Příloha 7: Materiálový list maziva ANTICIRIT PL 3802-39 LV
- Příloha 8: Protokol statické zkoušky tahem pro substrát HDG - NIT
- Příloha 9: Protokol statické zkoušky tahem pro substrát HDG
- Příloha 10: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 11: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 12: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 13: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (SikaPower®- 492G)
- Příloha 14: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (SikaPower®- 492G)
- Příloha 15: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (SikaPower®- 492G)
- Příloha 16: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (BETAGUARD RB 214 BV)
- Příloha 17: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (BETAGUARD RB 214 BV)
- Příloha 18: Protokol zkoušky v odlupu dle ISO 11339 (BETAGUARD RB 214 BV)
- Příloha 19: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 20: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 21: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 22: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (SikaPower®- 492G)
- Příloha 23: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (SikaPower®- 492G)
- Příloha 24: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (SikaPower®- 492G)
- Příloha 25: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (BETAGUARD RB 214 BV)
- Příloha 26: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (BETAGUARD RB 214 BV)
- Příloha 27: Protokol zkoušky smykové pevnosti PV 12.35 (BETAGUARD RB 214 BV)
- Příloha 28: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 29: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 30: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (BETAMATE 1496F)
- Příloha 31: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (SikaPower®- 492G)
- Příloha 32: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (SikaPower®- 492G)



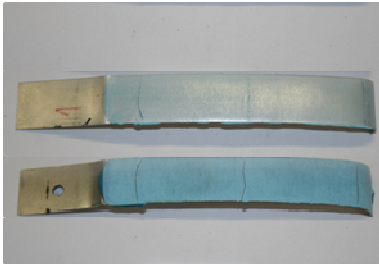








Příloha 33: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (SikaPower® - 492G)

Příloha 34: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (BETAGUARD RB 214 BV)

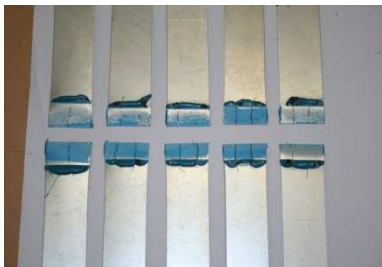
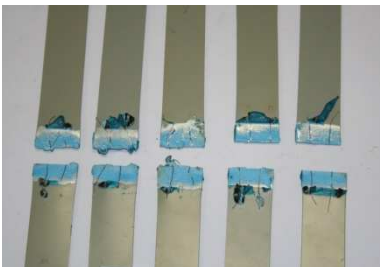







Příloha 35: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (BETAGUARD RB 214 BV)

Příloha 36: Protokol rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343 (BETAGUARD RB 214 BV)

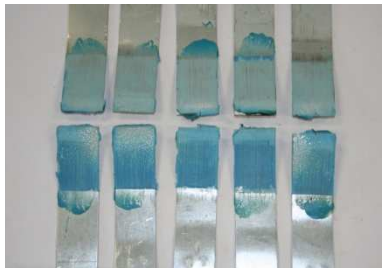
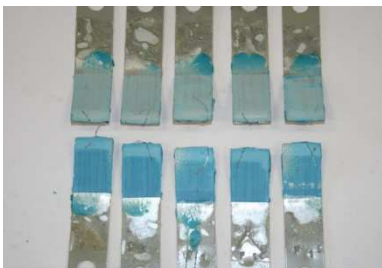


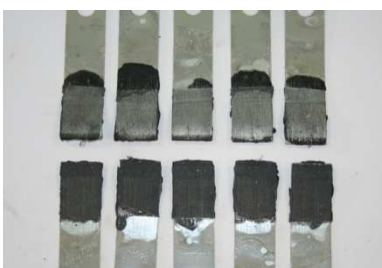
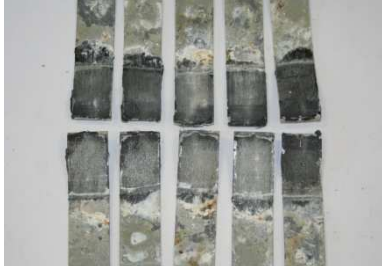
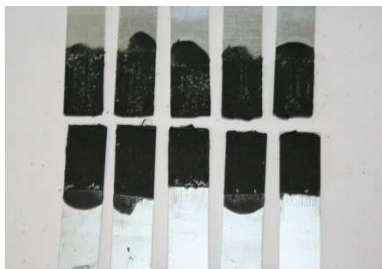
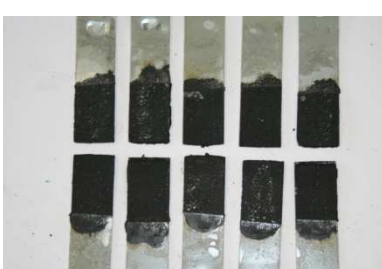

Zkouška v odlupu dle ISO 11339

	vytvrzeno 180°C/20 min.	vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s.	vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s., stárnutí 60 cyklů dle PV 1210
BETAMATE - 1496F			
SikaPower - 492G			
BETAGUARD RB 214 BV			

Zkouška smykové pevnosti dle PV 12.35

	vytvrzeno 180°C/20 min.	vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s.	vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s., stárnutí 60 cyklů dle PV 1210
BETAMATE - 1496F			
SikaPower - 492G			
BETAGUARD RB 214 BV			

Zkouška rázové pevnosti štípání klínem dle ISO 11343

	vytvrzeno 180°C/20 min.	vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s.	vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s., stárnutí 60 cyklů dle PV 1210
BETAMATE - 1496F			
SikaPower - 492G			
BETAGUARD RB 214 BV			



BETAMATE 1496F

Crashstabiler Strukturklebstoff

Anwendung / Beschreibung:

BETAMATE 1496F ist ein einkomponentiger Epoxidklebstoff, welcher speziell für den Einsatz im Rohbau entwickelt wurde. Der Klebstoff wird angewendet, um die Betriebsfestigkeit, die Crashstabilität und die Steifigkeit des Fahrzeuges zu erhöhen.

Eigenschaften:

- Ausgezeichnete Haftung auf den im Automobilbau verwendeten Stahlsorten, einschliesslich beschichteten Stählen und vorbehandelten Aluminium. Gute Verträglichkeit von Ölen und Trockenschmierstoffen.
- Hilft die Steifigkeit und Crashstabilität des Fahrzeuges zu erhöhen.
- Hohe Beständigkeit des Klebstoffes und der Verklebung.
- Eignet sich zur Abdichtung und schützt damit sowohl das Metall, als auch Schweißpunkte vor Korrosion.
- Kompatibel mit anderen mechanischen und thermischen Fügeverfahren.
- Kompatibel mit dem KTL - Prozess und auswaschbeständig.
- Vorhär- und vorgellierbar
- 2 - 4 Wochen Offenzeit im gefügten Zustand.

Applikation:

Das Produkt ist zwischen ca. 40 und 65°C als Raupre applizierbar. Es kann mit folgenden Parametern appliziert werden:

Auftragsgeschwindigkeit	200 - 300 mm/s
Temperaturen:	
Folgeplatte	35 - 40°C
Folgeplatte - Dosierer	Pro Heizzone ca. 5°C Temperaturerhöhung. Im Dosierer maximal 55°C.
Düse	55 - 65°C

Um eine optimale Benetzung des Bauteiles mit dem Klebstoff zu erzielen, sollten die Bauteile bei mindestens 15°C gelagert werden. Bei einer Unterbrechung der Applikation von über 30 Minuten, sollte die Heizung abgestellt werden.

Alle Dow Automotive Produkte werden in erster Linie mit den Automobil-Herstellern für deren Bedürfnisse und gemäss deren Spezifikation entwickelt und von den Kunden für bestimmte Anwendungen freigegeben.

Der Einsatz für andere als die freigegebenen Anwendungen bedarf der vorherigen, schriftlichen Genehmigung durch den technischen Dienst der Dow Automotive.

Technische Daten:

Basic	Epoxidharz
Farbe	blau
Dichte (DIN 53461) (23°C)	1.19 g/ml
Anteil nichtflüchtiger Bestandteile	> 99 %
Viskosität / Fließgrenze (DIN 53019) (45°C, Bohlin, Modell Casson)	160 Pa.s / 130 Pa
Flammpunkt (DIN 51768)	nicht anwendbar
Aushärtebedingung	> 140 °C / 30 Minuten
Standardaushärtung	180 °C / 30 Minuten
Zugfestigkeit (DIN EN ISO 627-1)	31 MPa
Bruchdehnung (DIN EN ISO 627-1)	ca. 12 %
E-Modul (DIN EN ISO 627-1)	1300 MPa
Zugscherfestigkeit (DIN EN 1485) (CRS 1408, 1.6 mm; 0.2 mm Klebschichtdicke)	31 MPa
Winkelschäftfestigkeit (DIN 53282) (CRS 1408, 0.6 mm; DX68 D Z100 MB, 0.78 mm; 0.2 mm Klebschichtdicke)	3.5 N/mm 12 N/mm
Schlagschäftfestigkeit (ISO 11343) (CRS 1408, 1 mm, 23°C, 2 m/s; 0.2 mm Klebschichtdicke)	41 N/mm
Vorbehandlung der Klebflächen	Das Material wurde für die Haftung auf öltem Blech mit bis zu 5 g/m ² Ölschicht entwickelt.
Verarbeitung	aus Kartuschen: Druckluftpistolen mit mechanischem Stempel, oder Handdruckpistolen. aus Hobbook und Fässern: Mit beheizbaren, handelsüblichen Hobbook- und Fassungspumpen.
Reinigung	Vor dem Aushärten kann der unausgehärtete Klebstoff mit BETACLEAN 3510 entfernt werden. <u>Achtung:</u> Haftflächen dürfen <u>nicht</u> mit BETACLEAN 3510 gereinigt werden!
Gebinde	Hobbook und Fass: 20, 45, 100 und 200 kg (Mehrweggebinde mit PE-Sack) Kartuschen: 0.35 kg
Lagerstabilität	Das Material ist bei Temperaturen unter 30°C drei Monate verarbeitbar.

Die angegebenen Daten sind Standardwerte.

Produktdatenblatt
Ausgabe 4 (04 / 2010)

SikaPower®-492G

Der semi-crashfeste Bördelfalzklebstoff

Materialkennwerte

Chemische Basis	Epoxid-Hybrid
Farbe (CQP ¹ 001)	Schwarz
Gefahrenkennzeichnung	X ₁ , N
Nichtflüchtige Anteile (CQP 576)	> 99 %
Dichte vor / nach Aushärtung (CQP 576)	ca. 1,30 / 1,35 kg/l
Anwendungstemperatur	50 - 60°C (Düse)
Viskosität; 50°C, Oszillation 5 Hz, PIP 25 mm, 1 mm Spalt (CQP 584-1)	ca. 1000 Pa.s
Härtungszeit / Objekttemperatur	20 Min. / 175°C
Zugscherfestigkeit ² , bei 0,3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	ca. 30 MPa
Zugscherfestigkeit ² , -30°C / +80°C, bei 0,3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	ca. 22 / 15 MPa
Zugscherfestigkeit ² , 20° 160°C / 40° 200°C, bei 0,3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	ca. 19 / 18 MPa
Zugscherfestigkeit ² , Blechstärke 1,5 mm, bei 0,3 mm (CQP 580-1,-6 / EN 1465)	ca. 30 MPa
Dynamischer Spaltwiderstand ³ (CQP 580-3,-6 / ISO 11343)	ca. 30 N/mm
Winkelschülkraft ⁴ (CQP 580-2,-6 / ISO 11339)	ca. 9 N/mm
Zugfestigkeit ⁵ (CQP 580-5,-6 / ISO 527)	ca. 30 MPa
Bruchdehnung ⁵ (CQP 580-5,-6 / ISO 527)	ca. 8 %
Glasumwandlungstemperatur, DMTA (CQP 509 / DIN EN ISO 6721, EN 61006)	ca. 105°C
Halbbarkeit bei 23°C (CQP 584-1)	9 Monate

¹CQP = Corporate Quality Procedures

²DC 04 ZE 75/75 0,8 mm; 3 g/m² Anticoll PL 3803-39 S; Verklebung: 25 x 10 x 0,3 mm; Zuggeschwindigkeit: 10 mm/Min.

³H320 ZE 50/50 1,5 mm; 3 g/m² Anticoll PL 3803-39 S; Verklebung: 25 x 10 x 0,3 mm; Zuggeschwindigkeit: 10 mm/Min.

⁴DC 04 ZE 75/75 0,8 mm; 3 g/m² Anticoll PL 3803-39 S; Verklebung: 20 x 30 x 0,3 mm; Auftreffgeschwindigkeit: 2,0 m/s.

⁵DC 04 ZE 75/75 0,8 mm; 3 g/m² Anticoll PL 3803-39 S; Verklebung: 25 x 100 x 0,3 mm; Zuggeschwindigkeit: 100 mm/Min.

⁶Zuggeschwindigkeit: 2 mm/Min.

Beschreibung

SikaPower®-492G ist ein einkomponentiger, wärmepolymerisierender, hitzehärtender, hochstruktureller, zähmodifizierter Klebstoff auf Epoxidharz-Basis.

SikaPower®-492G ist zur Verklebung von Blechen im Rohbau konzipiert, wobei der Klebstoff durch Wärme, zum Beispiel im KTL-Ofen, zu einem hoch belastbaren Dümer aushärtet.

SikaPower®-492G wird in Übereinstimmung mit dem Qualitätssicherungs-System ISO-9001/14001 und dem Responsible Care Programm hergestellt.

Produktvorteile

- Einkomponentig
- Hochfest
- Haftung auf beheizten Untergründen
- Hohe Auswaschbeständigkeit
- Geeignet zum Fügen unterschiedlicher Metalle
- Enthält feine Glaskugeln
- Ermöglicht verzugsfreies Fügen
- Schützt zusätzlich vor Korrosion
- Keine Beschädigung der Fügeteile
- Enthält keine Lösemittel, PVC oder freie Isocyanate

Anwendungsbereich

SikaPower®-492G ermöglicht das hochstrukturelle Verbinden von verschiedenen Metallarten. Der Klebstoff ist geeignet zur Anwendung als Bördelfalzklebstoff. Die im Klebstoff enthaltenen Glaskugeln sorgen für eine uniforme Klebschichtdicke im Spalt und verhindern ein übermäßiges Ausquetschen des Klebstoffes. Das Verkleben von beheizten Untergründen (gängige Korrosionsschutz-, Tiefziehble, ca. 3 g/m²) ist aufgrund der Ölaufnahme bei der Hitzehärtung möglich.



Verarbeitungshinweise

SikaPower®-492G wird im Rautenauftrag mit einem empfohlenen Durchmesser von 1 bis 3 mm appliziert. SikaPower®-492G wird bei der Abfüllung mit einer Maschenweite von 300 µm filtriert.

Aufgrund der temperaturabhängigen Viskosität (siehe Diagramm 1) müssen alle Anlagenteile, die mit dem Klebstoff in Berührung kommen beheizt werden. Wir empfehlen eine stufenweise Temperierung von der Fassfolgetemperatur (40°C) bis zur Applikationstemperatur (Düse, 55°C). Zur Schonung der Dichtungen und zur besseren Entnahme der aufgeschnittenen Folien-Rondelle empfehlen wir dringend, das neue Gebinde 15 Minuten vorzuwärmen und erst dann die Folien-Rondelle zu entfernen. Bei längeren Stillstandzeiten (z.B. nachts oder am Wochenende) empfehlen wir die Anlage auszuschalten und den Druck zu entlasten (Pumpe und Dosierer).

Die im Klebstoff enthaltenen Glas-Kugeln beeinflussen den Auftrag mit herkömmlichen Applikationsanlagen nicht.

Zwischen Applikation und Härtung darf kein zu grosser Zeitraum liegen, da durch Feuchtigkeit Aufnahme (vom Klima abhängig) bei der thermischen Härtung eine Blasenbildung nicht ausgeschlossen werden kann. Ein Anhaltswert zur Prozessplanung: Eine Blasenbildung bei Lagerung bei 23°C und 80% relative Luftfeuchte im gefügten Zustand über zwei Wochen wurde nicht beobachtet, ein Abfall des dynamischen Spaltwiderstands wurde auch nach vier Wochen nicht festgestellt. Wird diese Zeit jedoch überschritten, ist eine Vorhärtung von 15 Minuten bei 160°C (Objekttemperatur) notwendig.

Für eine projektbezogene Beratung zur Applikationstechnik wenden Sie sich bitte an die Abteilung Corporate System Engineering (Sika Services AG).

Für anwendungsbezogene Beratung (Technischer Service) wenden Sie sich bitte an die Sika Automotive GmbH.

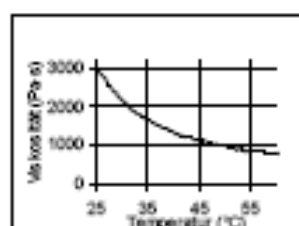


Diagramm 1: Viskosität in Abhängigkeit der Temperatur (Düse: 55°C)

Härtung

SikaPower®-492G wird mit Hilfe von Wärme ausgehärtet. Die Aushärtung ist sowohl temperatur- als auch zeitabhängig. Als Wärmequellen kommen insbesondere Konvektionsöfen zur Anwendung. Eine maximale Temperatur von 220°C darf dabei nicht überschritten werden.

Weitere Informationen

Folgende Dokumente sind auf Anfrage erhältlich:

- Sicherheitsdatenblatt
- Pumpenspezifikation

Gebindeeinheiten

Kartuschen	300 ml
Hobbock ¹	23 l
Hobbock	50 l
Fass	195 l

¹ 230 mm Durchmesser

Messwerte

Alle in diesem Produktdatenblatt aufgeführten technischen Daten stammen aus Laborversuchen. Von uns nicht beeinflussbare Umstände können zu Abweichungen der effektiven Werte führen.

Länderspezifische Daten

Die Angaben in diesem Produktdatenblatt sind gültig für das entsprechende, von der Sika Schweiz AG ausgelieferte Produkt. Bitte berücksichtigen Sie, dass die Angaben in anderen Ländern davon abweichen können; beachten Sie im Ausland das lokale Produktdatenblatt.

Wichtige Sicherheitshinweise

Für detaillierte Angaben betreffend Sicherheit, Lagerung und Verwendung des entsprechenden Produkts, konsultieren Sie das aktuelle Sicherheitsdatenblatt.

Rechtliche Hinweise

Die vorstehenden Angaben, insbesondere die Vorschriften für die Verarbeitung und Verwendung unserer Produkte, beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen im Normalfall, vorausgesetzt die Produkte wurden sachgerecht gelagert und angewandt. Wegen der unterschiedlichen Materialien, Untergründen und abweichenden Arbeitsbedingungen kann eine Gewährleistung eines Arbeitsergebnisses oder eine Haftung, aus welchem Rechtsverhältnis auch immer, weder aus diesen Hinweisen, noch aus einer mündlichen Beratung begründet werden, es sei denn, dass uns insoweit Vorwissen oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt. Hierbei hat der Anwender nachzuweisen, dass er schriftlich alle Kenntnisse, die zur sachgemässen und erfolgversprechenden Beurteilung durch Sika erforderlich sind, Sika rechtzeitig und vollständig übermittelt wurden. Der Anwender hat die Produkte auf ihre Eignung für den vorgesehenen Anwendungszweck zu prüfen. Änderungen der Produktspezifikationen bleiben vorbehalten. Schutzrechte Dritter sind zu beachten. Im Übrigen gelten unsere jeweiligen Verkaufs- und Lieferbedingungen. Es gilt das jeweils neueste Produktdatenblatt, das von uns angefordert werden sollte.



Weitere Informationen unter:

www.sika.ch

www.sika.com

Sika Automotive GmbH
Reichsbahnstraße 99
D-22525 Hamburg
Germany
Tel. +49 40 5403-0
Fax +49 40 5403-241



SikaPower®-492G 2/2

Technisches Datenblatt

BETAGUARD RB 214 BV

Abdichtungsklebstoff und Bördelnahtverkleber mit hoher Festigkeit / Impact Beständigkeit für Applikation im Rohbau

Anwendung / Beschreibung :

BETAGUARD RB 214 BV ist ein kalt-pumpbarer, Kautschuk-basierender, durchschweisbarer Abdichtungsklebstoff mit hoher Festigkeit.

Er findet dort Einsatz, wo Abdichtungsoperationen oder Verklebungen kombiniert mit Schweißpunkten im Bereich Rohbau gefragt sind. Das Material kann auch als Bördelnahtverkleber verarbeitet werden. Betaguard RB 214 BV kann mit Induktion (20 Sek. bei 180°C) vorgehärtet werden.

Haftung auf öligem Metallsubstraten im Einsatz in der Automobil-Industrie, Durchschweisbarkeit ohne Verbrennung oder starke Geruchsbildung, gute Verträglichkeit zu Vorbehandlungs- und KTL-Bädern sowie gute Auswaschbeständigkeit für Fügedicke unter 2 mm sind gegeben.

Nach Aushärtung im KTL-Ofen weist BETAGUARD RB 214 BV gute Festigkeitswerte und hohe Impact Beständigkeit auf und zeigt ein gutes Korrosionsverhalten.

Technische Daten :

Basis	Synthetisches Kautschuk	
Farbe	Grau-schwarz	
Dichte	ca. 1.5 g/cm ³	
Trockengehalt (1.5 Std. / 165°C)	> 99.0 %	
Auslaufzeit (Severs) (Düse 5 mm Durchmesser 3 bars; 35°C)	50 – 150 g. / Min.	
Volumenausdehnung	5 - 10 %	
Wäscher- und KTL-Verträglichkeit	gut	
Einbrennbedingungen	minimum	25 Min. / 155°C oder standard Lacklinienofen
	maximum	30 Min. / 220°C oder standard Lacklinienofen
Abrutschverhalten	< 2 mm. bei 35°C.	

Zugscherfestigkeit (DIN 53283) 12,5 x 25 mm	approx. 2,5 MPa mit Füge 2 mm. dick approx. 3 – 5 MPa mit Füge 0,2 mm. dick
Impact Beständigkeit (ISO 11 343) Schichtdicke 0,2 mm.	> 10 N./ mm. mit Energie 100 – 300 J. / m je nach Einbrennbedigungen
Korrosionsbeständigkeit	gut (ohne Unterwanderungskorrosion) nach 9 Zyklen 3C (D59 1336) auf Rohstahl und Feuerverzinktem Stahl
Temperaturbeständigkeit	max. 60 Min. 200°C
Lagerfähigkeit	> 3 Monate nach Auslieferung bei 5 - 35°C

Verarbeitung :

Vorbereitung der Klebefläche	keine (Kleben auf öligem Blech mit max. 3.5 g Öl/m²)
Applikation	kalt pumpbar mit handelsübliche Kolben-, Zahnrad- oder Rotationspumpen für hobbocks und Fässer Minimum-Verhältnis bei Kolbenpumpen muss noch bestimmt werden.
Auftragstemperatur	Minimum 25°C. Maximum 45°C Bei 35°C wirkt eine deutliche Verbesserung der sofortigen Haftung dank schnellerer Ölaufnahme.
Lieferform	Kartuschen mit 300 ml Inhalt Hobbocks mit 22 Liter Inhalt Fässer mit 200 Liter Inhalt

Produkt- I N F O R M A C E



ANTICORIT PL 3802-39 LV

PI 3-4200

Popis

ANTICORIT PL 3802-39 LV je nízkoviskózní olej typu Prelube - ochranný antikorozní olej s tvrdými vlastnostmi, bez obsahu barva.

ANTICORIT PL 3802-39 LV poskytuje velmi dobrou odolnost při venkovním skladování pod stěchou (při stěškem), v klimatické komoře a v kyselé atmosféře, zejména na citlivých površích pásové oceli válcované za studena.

ANTICORIT PL 3802-39 LV je snadno odstranitelný neutrálními a alkalickými čistícími prostředky. Na svislých plochách vykazuje optimální stabilitu filmu.

ANTICORIT PL 3802-39 LV se používá především v pračkách na svítky k čištění a konzervaci pásové oceli válcované za studena.

Při hmotnosti filmu cca 2 g/m² mohou být tvrdé operace prováděny bez dalších přídavných maziv.

Použití

ANTICORIT PL 3802-39 LV lze nanášet nástřikem, ponořováním nebo navléčováním.

Je vhodný pro použití v běžných pračkách na svítky nebo na tabule.

Pro filtraci se doporučuje zahřátí produktu na minimální teplotu 40 °C.

Charakteristika

Vlastnost	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Zápach	-	míný	-
Číslo barvy	-	4,0 kádně	DIN ISO 2049
Hustota	kg/m ³	890	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	17	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	150	DIN ISO 2592
Pevné nečistoty	% hmotnosti	< 0,05	DIN 51 592
Stěkavost	-	vyhovuje	E 14 *)
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VW 52.02
Obsah aromátů v základovém oleji	% hmotnosti	< 10	Zkušební metoda VM **)
Antikorozní vlastnosti (St 1406)			
Klimatická komora	cykly	> 12	DIN 50 017 KPW
Solná komora	h	24	DIN 50 021 88

*) E 14 = zkušební metoda Adam Opel AG

**) VM = zkušební metoda Vauxhall Motors Limited

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

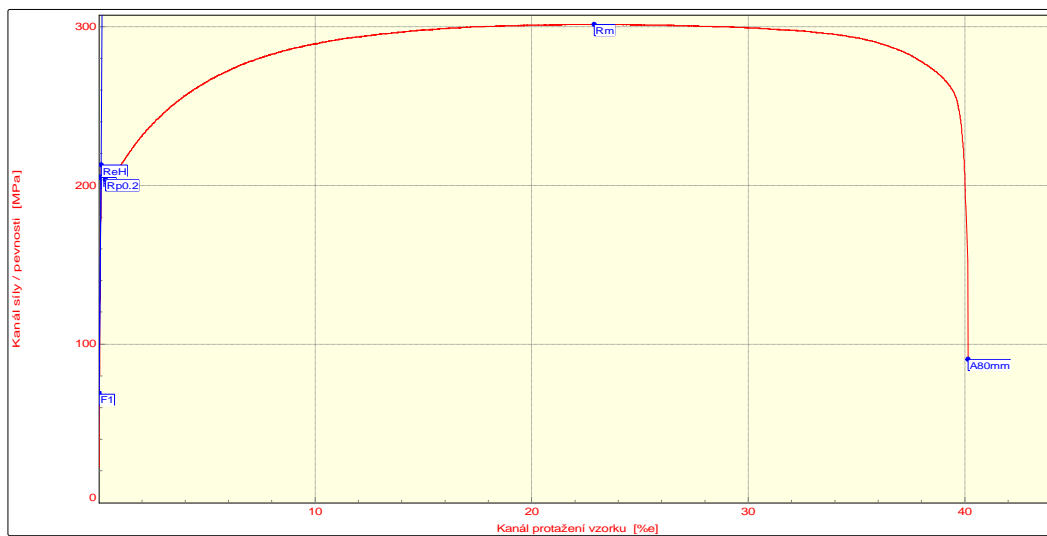
VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál: : HDG 0°
 Norma: : ČSN - EN 10 002-1
 Rozměr vzorku: : [20 x 0,77] mm
 Rychlost zatěžování: : 10 mm/min.
 Vypracoval: : Radek Strobach
 Datum zkoušky: : 3.5.2011
 Směr odebrání vzorku : 0°

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Číslo zkoušky	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
1	203.6	301.4	40.10
2	203.6	303.0	40.45
3	208.2	306.1	40.08
4	207.0	305.6	39.47
5	204.9	303.4	40.11
6	205.1	302.9	39.47

Statistická hodnota	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Průměrná hodnota	205.4	303.7	39.95
Směrodatná odchylka	1.9	1.8	0.39



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

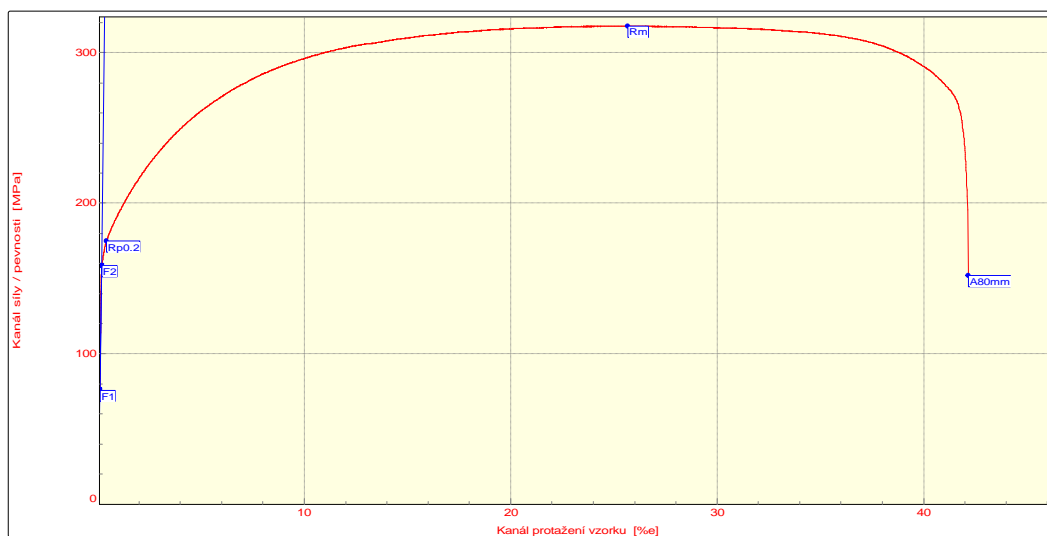
VSTUPNÍ PARAMETRY

Testovaný materiál: : HDG 0°
 Norma: : ČSN - EN 10 002-1
 Rozměr vzorku: : [20 x 0,77] mm
 Rychlost zatěžování: : 10 mm/min.
 Vypracoval: : Radek Strobach
 Datum zkoušky: : 3.5.2011
 Směr odebrání vzorku : 0°

VÝSTUPNÍ HODNOTY

Číslo zkoušky	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
1	162.3	313.5	40.44
2	169.6	312.7	43.32
3	170.9	311.6	44.05
4	174.7	318.1	41.97
5	167.3	310.7	43.35
6	175.1	317.7	41.96

Statistická hodnota	Rp0.2 MPa	Rm MPa	A80mm %
Průměrná hodnota	170.0	314.1	42.51
Směrodatná odchylka	4.8	3.1	1.31



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.

Vytvrzeno 180°C / 20 min

Test při RT.

VÝSLEDKY

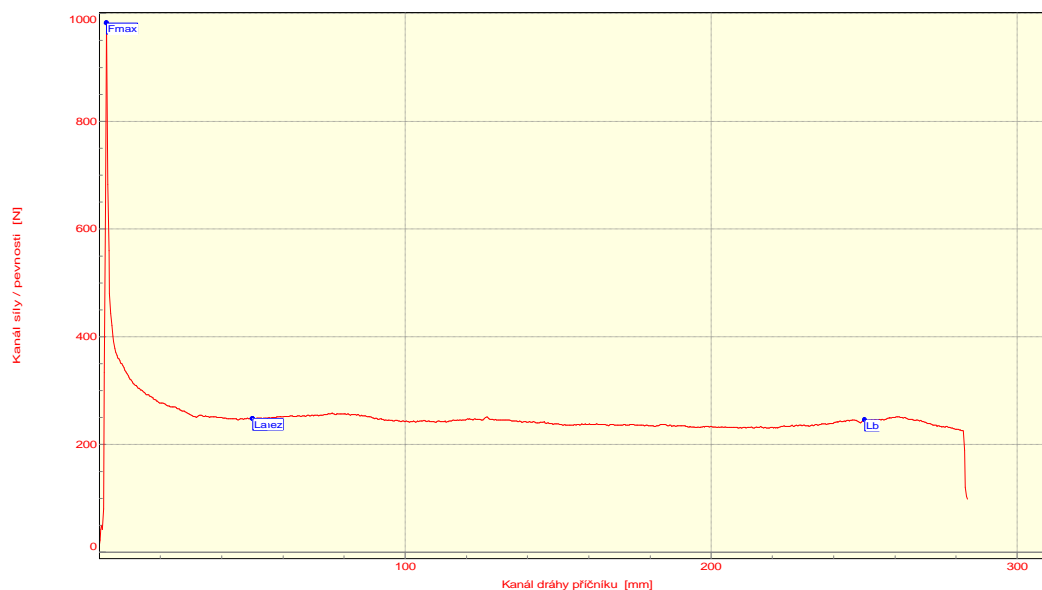
Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	983.23	9.76
2	865.07	9.31
3	812.26	9.82
4	919.23	10.53
5	1245.24	9.82

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	965.01	9.85
Směrodatná odchylka	169.02	0.44

CF: : 100

SCF: :

AF: :



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.

Vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s.

Test při RT.

VÝSLEDKY

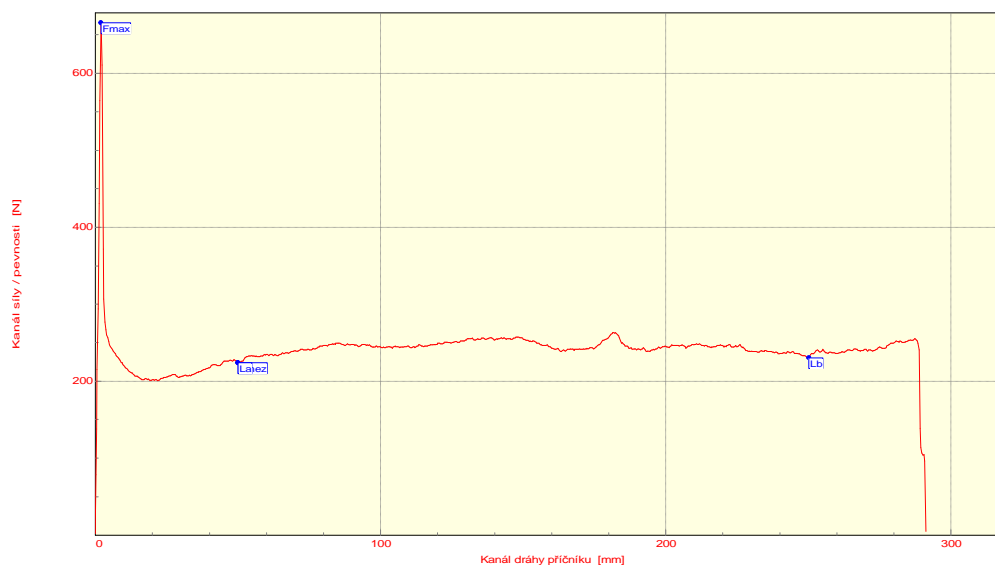
Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	665.76	9.78
2	713.98	9.20
3	759.23	9.45
4	620.51	9.67
5	678.83	9.82

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	687.66	9.58
Směrodatná odchylka	52.16	0.26

CF: : 100

SCF: :

AF: :



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m2
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

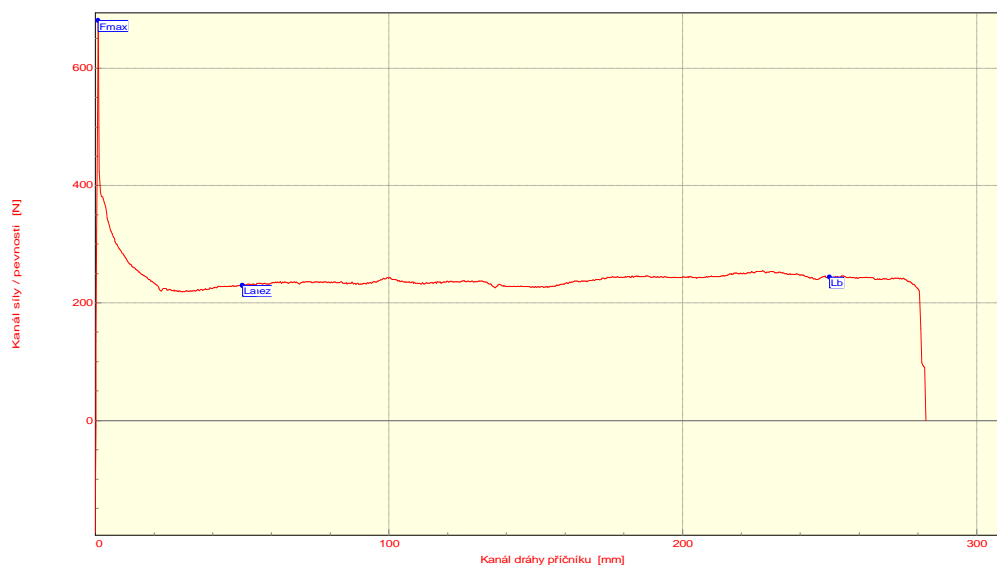
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.
 Vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s. Stárnutí 60 cyklů dle PV 1210.
 Test při RT.

VÝSLEDKY

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	681.03	9.67
2	764.54	10.97
3	642.72	11.36
4	972.41	10.93
5	536.69	11.20

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	719.48	10.83
Směrodatná odchylka	163.39	0.67

CF: : 90
 SCF: :
 AF: : 10



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.

Vytvrzeno 180°C / 20 min

Test při RT.

VÝSLEDKY

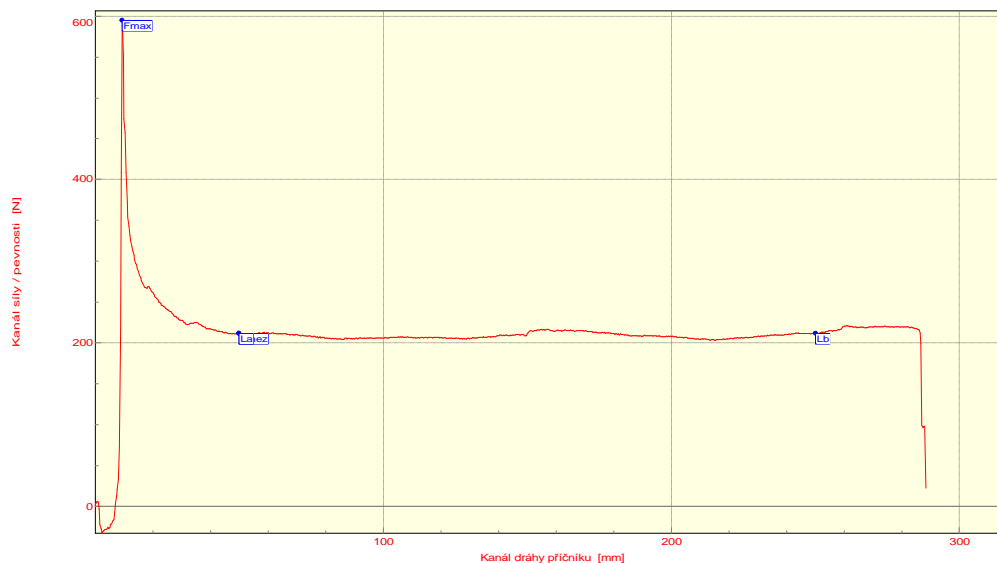
Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	595.12	8.33
2	577.99	6.77
3	722.82	7.63
4	711.00	8.02
5	527.67	7.43

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	626.92	7.64
Směrodatná odchylka	85.91	0.60

CF: : 100

SCF: :

AF: :



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.

Vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s.

Test při RT.

VÝSLEDKY

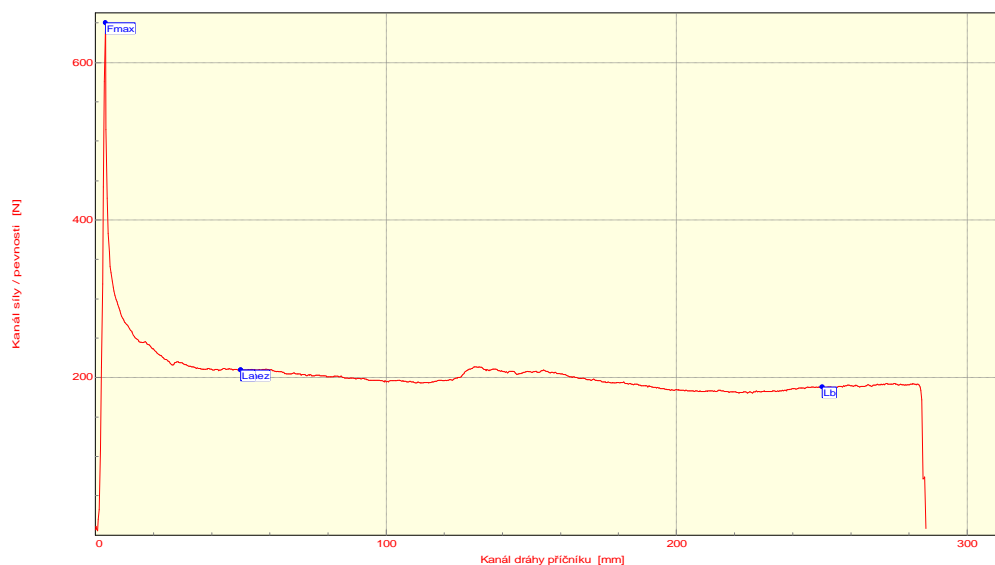
Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	650.30	7.97
2	533.85	7.93
3	623.63	7.37
4	469.93	8.19
5	524.92	7.80

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	560.57	7.85
Směrodatná odchylka	74.59	0.31

CF: : 100

SCF: :

AF: :



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

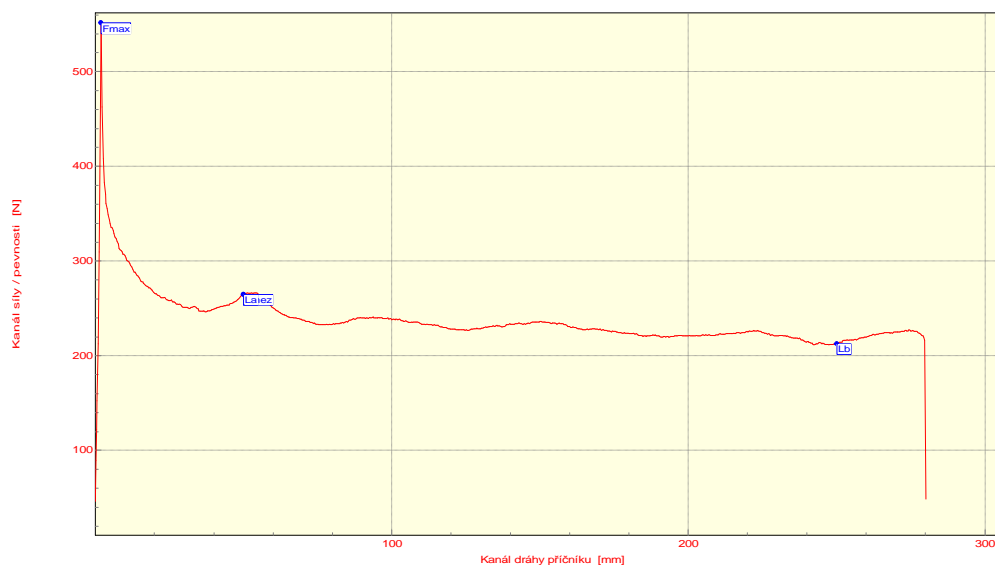
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.
 Vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s. Stárnutí 60 cyklů dle PV 1210.
 Test při RT.

VÝSLEDKY

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	551.55	9.15
2	434.35	9.64
3	444.76	9.56
4	330.63	9.61
5	481.82	10.17

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	448.62	9.63
Směrodatná odchylka	80.37	0.36

CF: : 95
 SCF: :
 AF: : 5



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.

Vytvrzeno 180°C / 20 min

Test při RT.

VÝSLEDKY

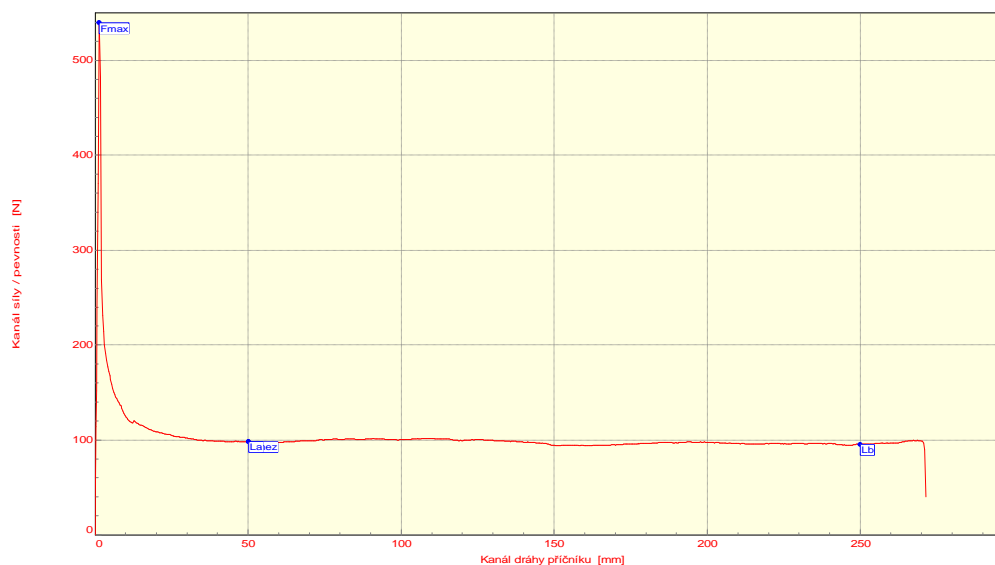
Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	539.68	3.92
2	469.13	4.11
3	497.21	3.96
4	535.31	4.55
5	509.68	4.30

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	510.20	4.17
Směrodatná odchylka	28.96	0.26

CF: : 100

SCF: :

AF: :



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.

Vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s.

Test při RT.

VÝSLEDKY

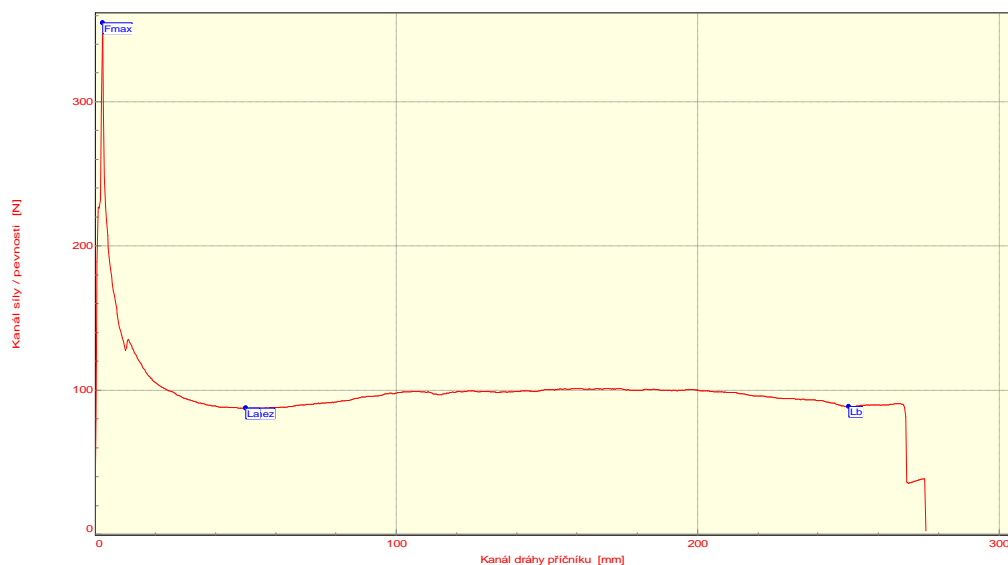
Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	354.85	3.87
2	466.33	4.61
3	396.38	4.20
4	451.51	4.20
5	520.14	4.35

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	437.84	4.25
Směrodatná odchylka	63.99	0.27

CF: : 100

SCF: :

AF: :



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA V ODLUPU DLE ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rychlost zatěžování: : 100 mm/min

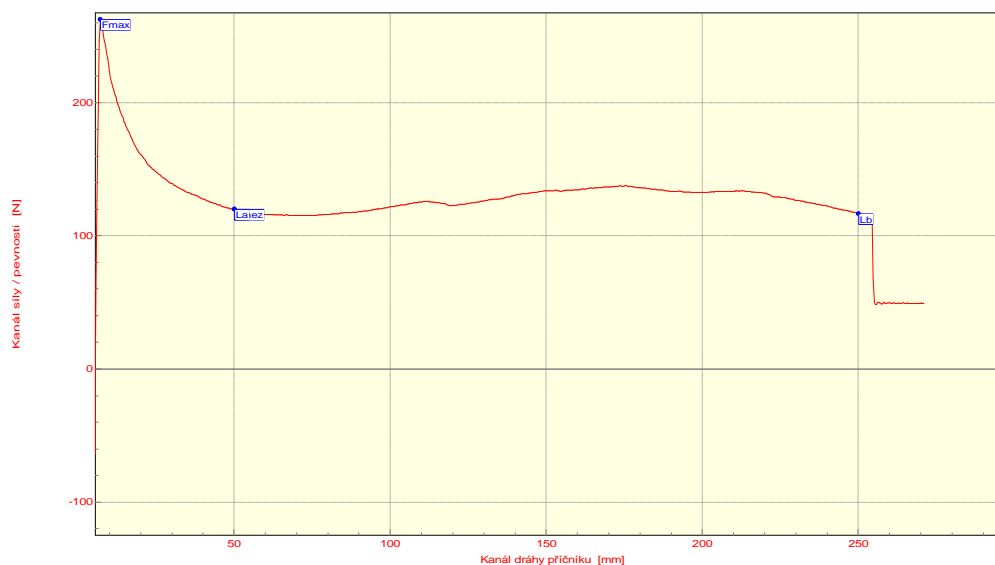
Příprava vzorků: Nanosení maziva. 60 min. kondicionace. Slepění vzorků.
 Vytvrzeno v KTL Škoda Auto a.s. Stárnutí 60 cyklů dle PV 1210.
 Test při RT.

VÝSLEDKY

Číslo zkoušky	Fmax N	Fsab N/mm
1	262.49	5.09
2	292.91	5.27
3	265.04	5.21
4	490.75	5.20
5	342.17	5.00

Statistická hodnota	Fmax N	Fsab N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	330.67	5.15
Směrodatná odchylka	95.05	0.11

CF: : 85
 SCF: : 10
 AF: : 5



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení 180°C / 20 min.

Test při RT

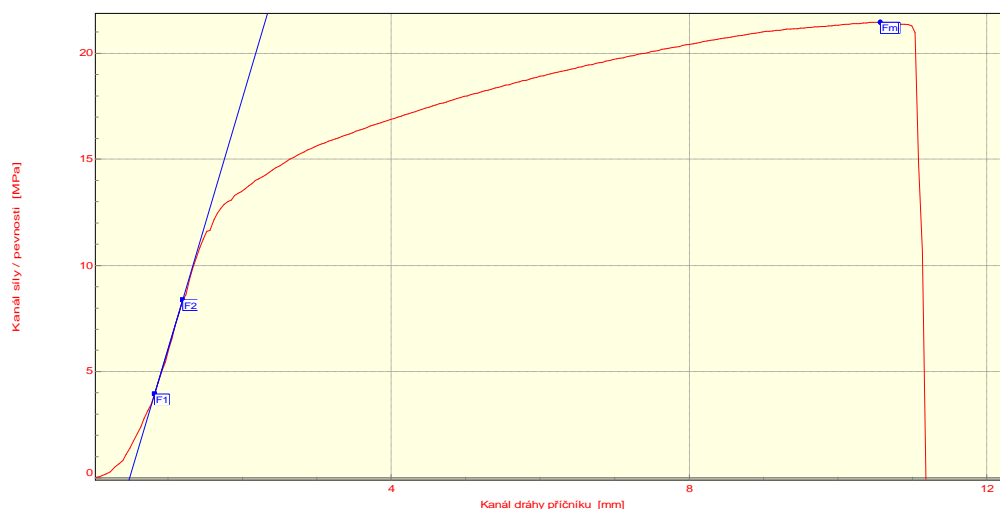
VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 80
 SCF: : 15
 AF: : 5

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	21.04
2	21.46
3	22.11
4	21.49
5	22.63

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	21.74
Směrodatná odchylka	0.62



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení v KTL Škoda Auto a.s.

Test při RT

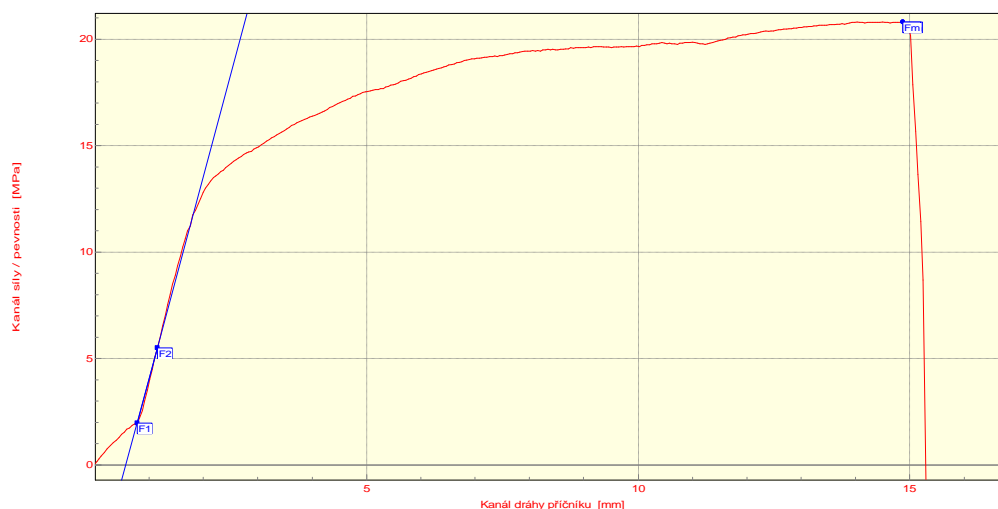
VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 80
 SCF: : 15
 AF: : 5

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	20.81
2	22.29
3	21.54
4	22.20
5	21.49

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	21.67
Směrodatná odchylka	0.60



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení : KTL Škoda auto a.s. Mladá boleslav, Stárnutí 60c dle PV 12.10

Test při RT

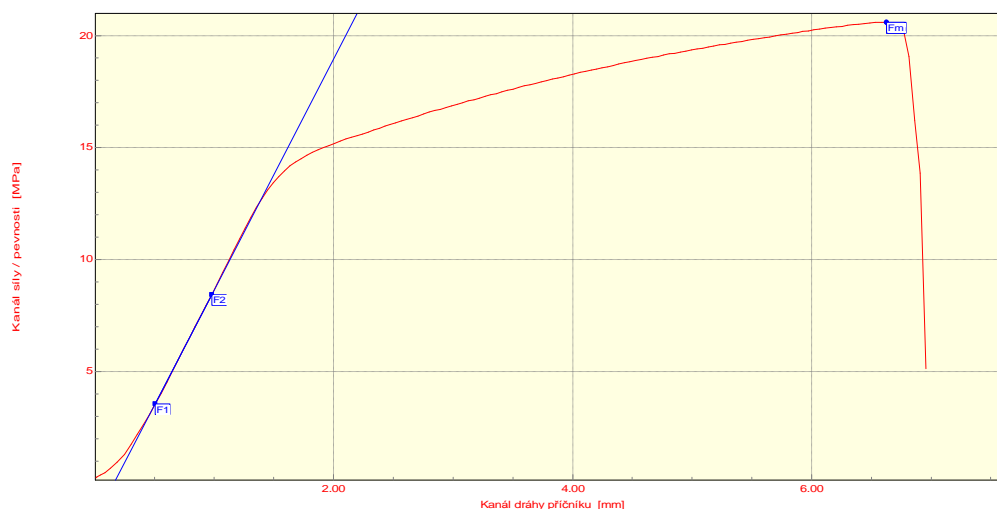
VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 30
 SCF: : 50
 AF: : 15

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	17.55
2	16.46
3	20.59
4	17.36
5	17.97

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	17.99
Směrodatná odchylka	1.56



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení 180°C / 20 min.

Test při RT

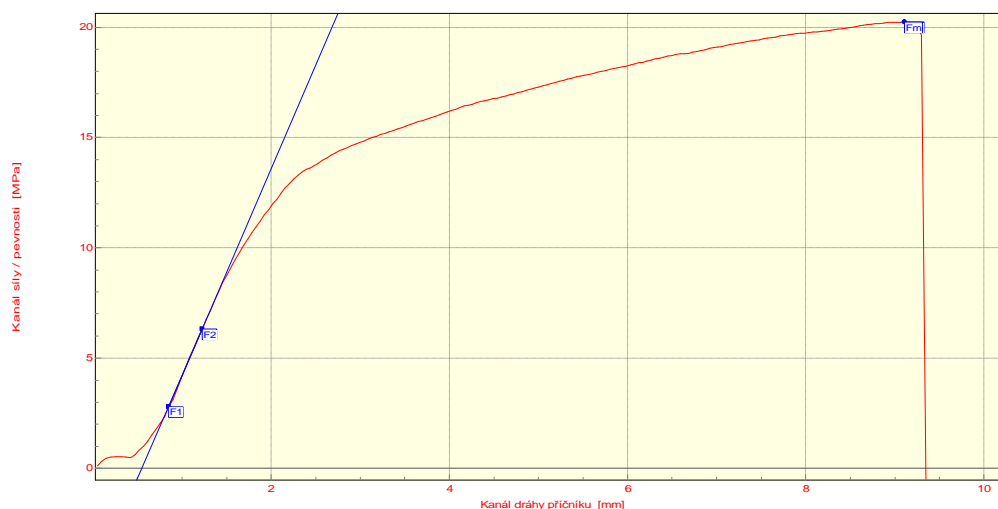
VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 60
 SCF: : 30
 AF: : 10

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	21.05
2	19.73
3	20.10
4	20.18
5	20.23

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	20.26
Směrodatná odchylka	0.49



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení v KTL Škoda Auto a.s.

Test při RT

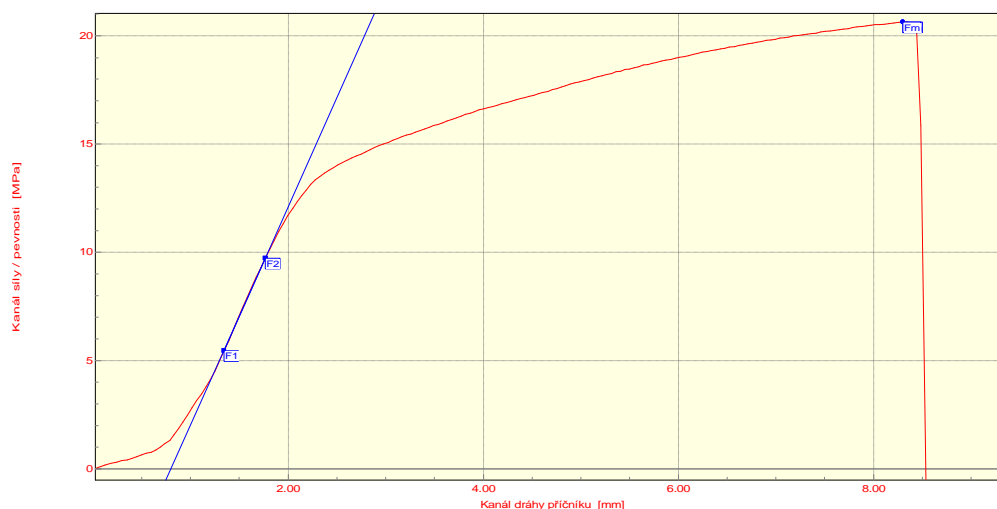
VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 70
 SCF: : 25
 AF: : 5

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	20.64
2	20.46
3	21.04
4	19.80
5	20.10

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	20.41
Směrodatná odchylka	0.48



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků
 Vytvrzení v KTL Škoda Auto a.s. Stárnutí 60 cyklů dle PV1210
 Test při RT

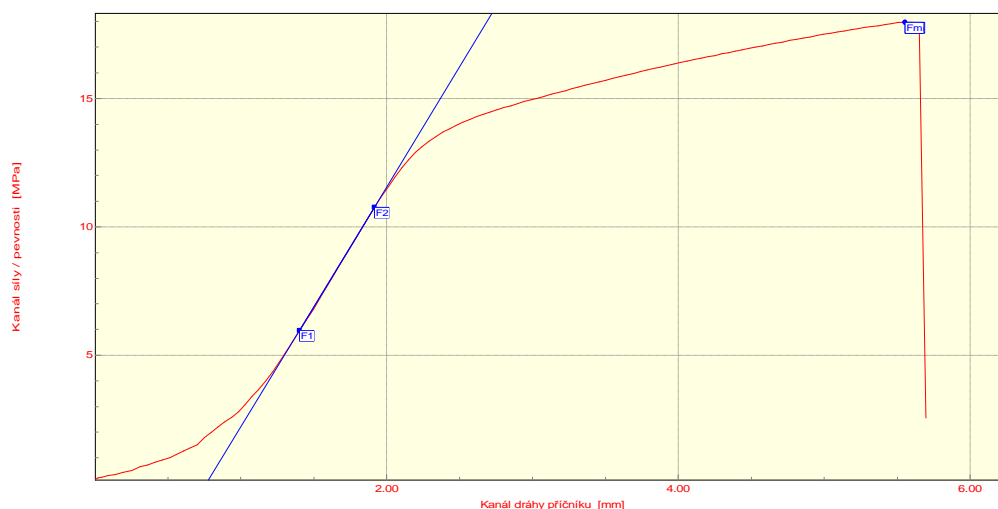
VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 40
 SCF: : 40
 AF: : 20

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	17.97
2	17.33
3	15.31
4	16.15
5	16.06

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	16.56
Směrodatná odchylka	1.07



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Spleení vzorků

Vytvrzení 180°C / 20 min.

Test při RT

VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

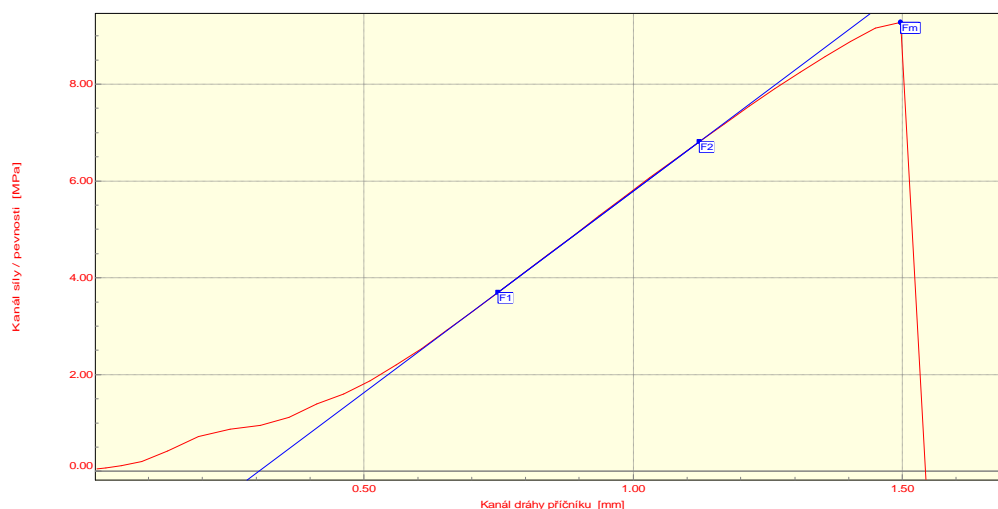
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	9.48
2	7.58
3	9.28
4	7.66
5	8.64

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	8.53
Směrodatná odchylka	0.89



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků

Vytvrzení v KTL Škoda Auto a.s.

Test při RT

VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

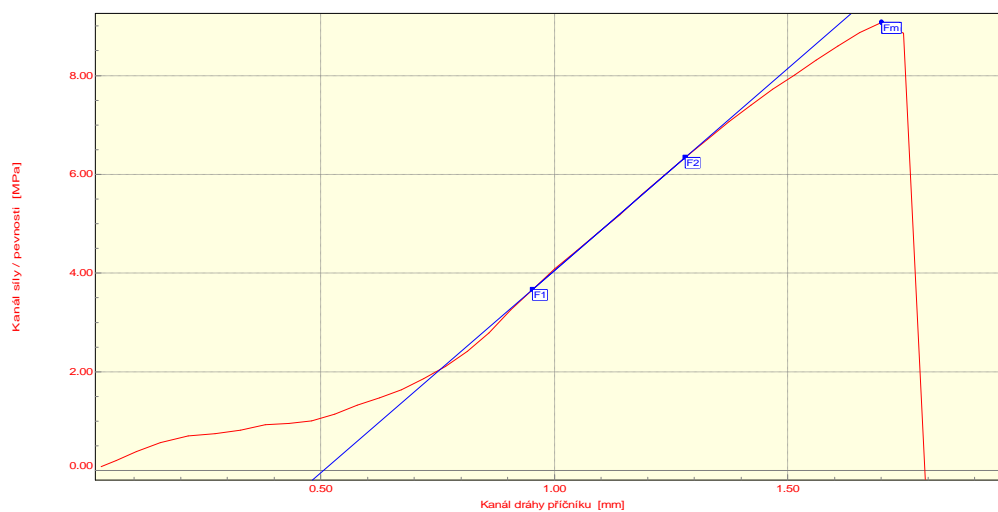
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	6.96
2	7.33
3	8.93
4	9.69
5	9.08

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	8.40
Směrodatná odchylka	1.19



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

ZKOUŠKA SMYKOVÉ PEVNOSTI PV 12.35

PODMÍNKY

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Rozměr vzorku: : (25 x 10)mm
 Rychlost zatěžování: : 50 mm/min

PŘÍPRAVA VZORKŮ: Nanesení maziva, 60 min. kondicionace, Slepění vzorků
 Vytvrzení v KTL Škoda Auto a.s. Stárnutí 60 cyklů dle PV1210
 Test při RT

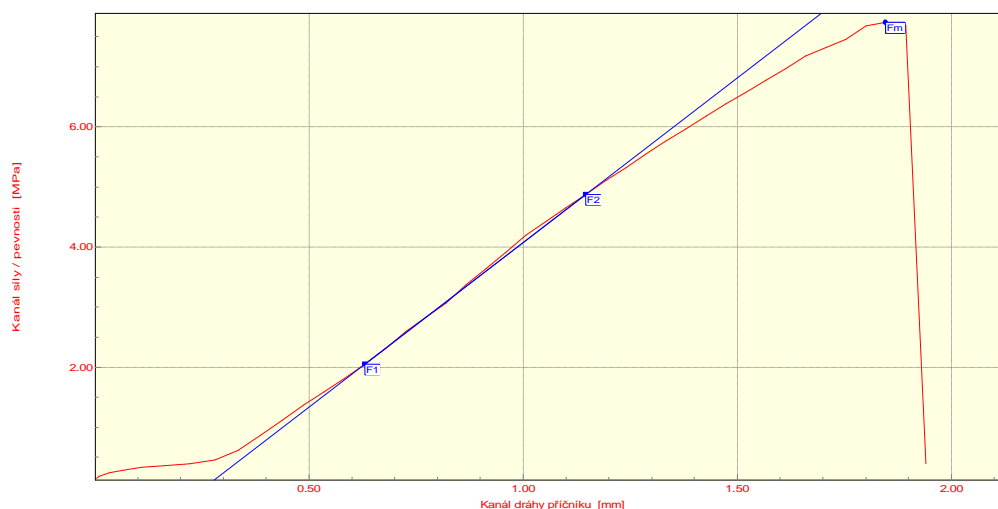
VÝSLEDKY

Typ porušení [%]:

CF: : 95
 SCF: :
 AF: : 5

Číslo zkoušky	Rm MPa
1	5.34
2	6.48
3	7.73
4	7.56
5	6.43

Statistická hodnota	Rm MPa
Počet zkoušek	5
Průměrná hodnota	6.71
Směrodatná odchylka	0.97



Technická univerzita v Liberci

Katedra strojírenské technologie
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : 180°C / 20 min.

Test při RT

Naměřené hodnoty

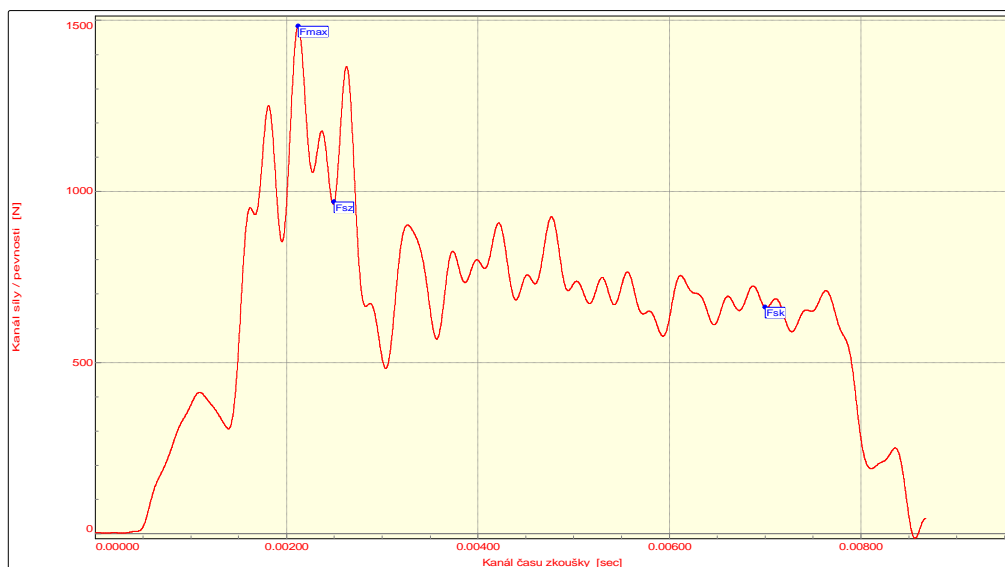
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	1143.91	25.53
2	1483.34	37.29
3	2051.61	30.88
4	1398.35	29.57

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	4	4
Průměrná hodnota	1519.30	30.82
Směrodatná odchylka	383.05	4.88



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m2
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : KTL Škoda auto a.s. Mladá boleslav

Test při RT

Naměřené hodnoty

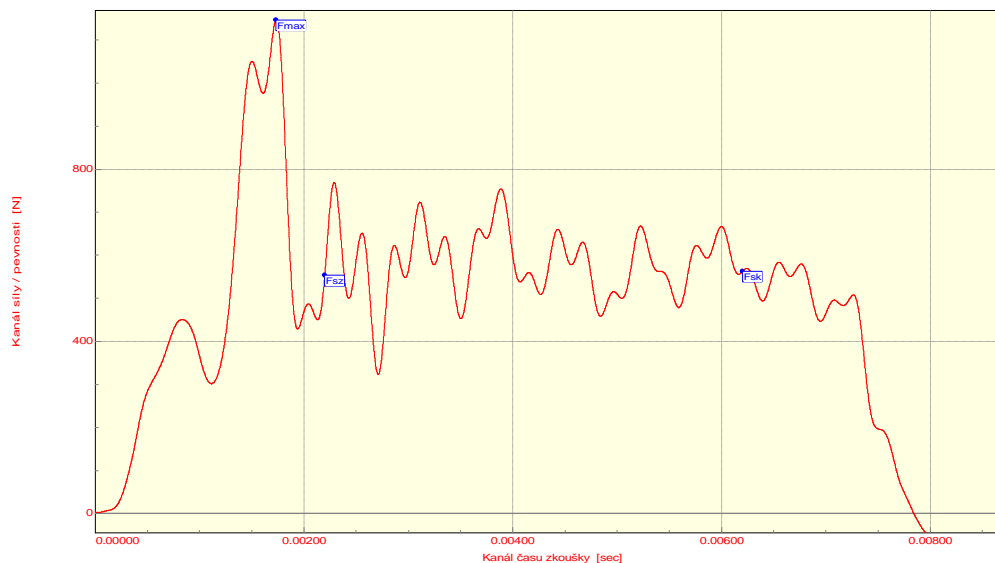
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	1197.08	34.99
2	1116.13	29.30
3	1119.86	29.43
4	1146.64	29.16
5	1315.99	38.06

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	1179.14	32.19
Směrodatná odchylka	83.05	4.11



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : BETAMATE 1496F
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m2
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : KTL Škoda auto a.s. Mladá boleslav, Stárnutí 60c dle PV 12.10

Test při RT

Naměřené hodnoty

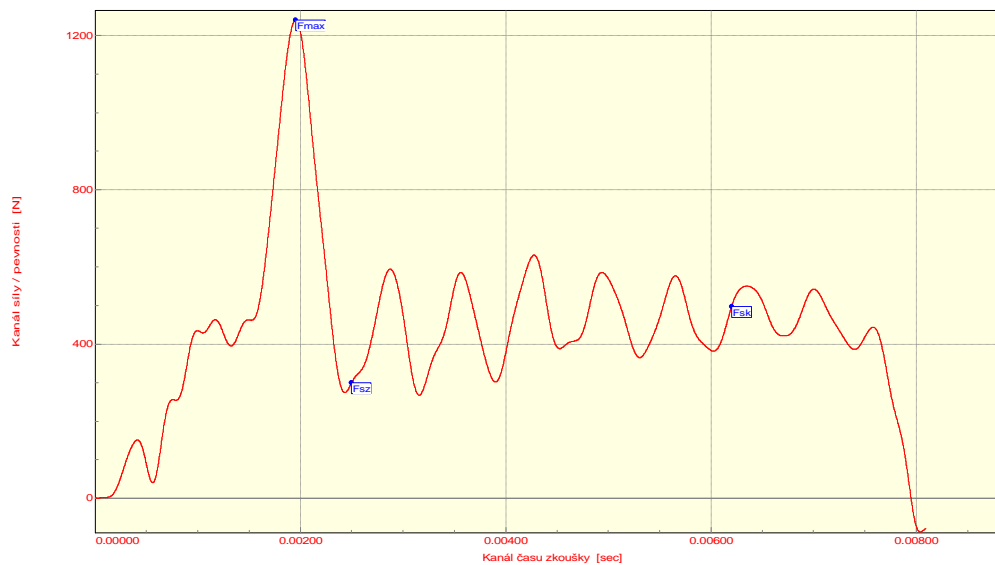
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	1545.08	27.38
2	1302.55	26.19
3	1801.23	22.17
4	1240.86	22.63
5	875.93	27.09

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	1353.13	25.09
Směrodatná odchylka	346.60	2.50



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m2
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : 180°C / 20 min.

Test při RT

Naměřené hodnoty

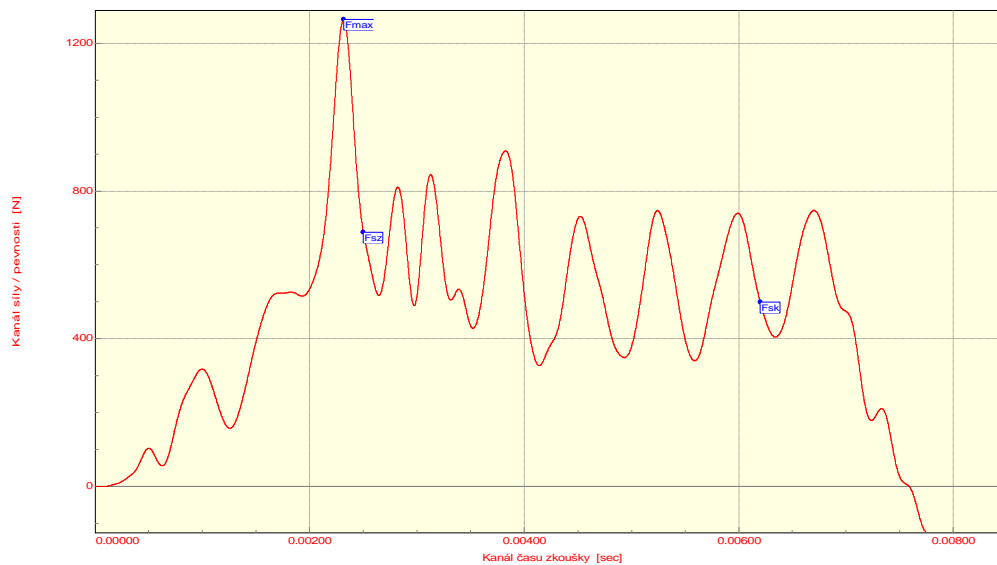
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	1264.72	29.87
2	990.47	22.60
3	655.26	31.43
4	793.97	26.64
5	528.99	25.33

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	846.68	27.18
Směrodatná odchylka	289.74	3.54



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : KTL Škoda auto a.s. Mladá boleslav

Test při RT

Naměřené hodnoty

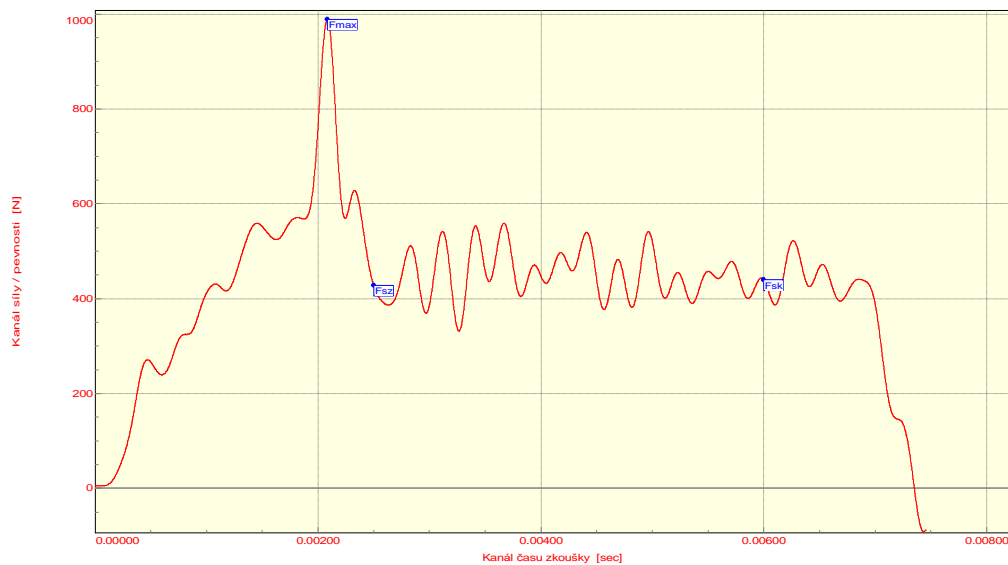
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	1657.17	23.84
2	899.04	24.83
3	557.52	27.01
4	988.69	22.53
5	439.34	23.68

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	908.35	24.38
Směrodatná odchylka	477.06	1.68



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : Sika Power 492G
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : KTL Škoda auto a.s. Mladá boleslav, Stárnutí 60c dle PV 12.10

Test při RT

Naměřené hodnoty

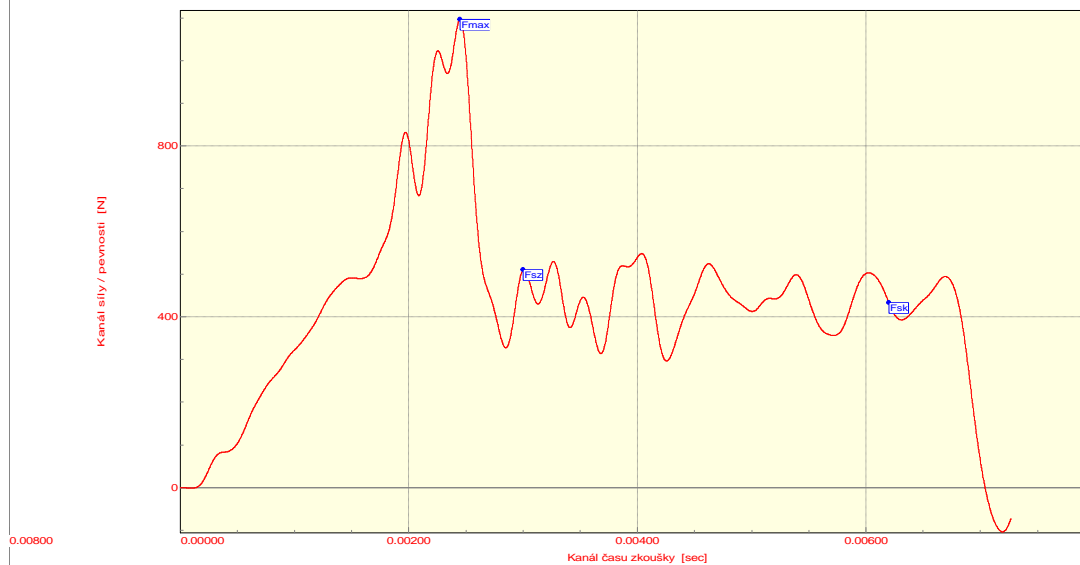
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	835.99	20.25
2	1160.05	24.42
3	917.78	20.51
4	1096.56	22.70
5	1113.91	27.42

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	1024.86	23.06
Směrodatná odchylka	140.07	2.97



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : 180°C / 20 min.

Test při RT

Naměřené hodnoty

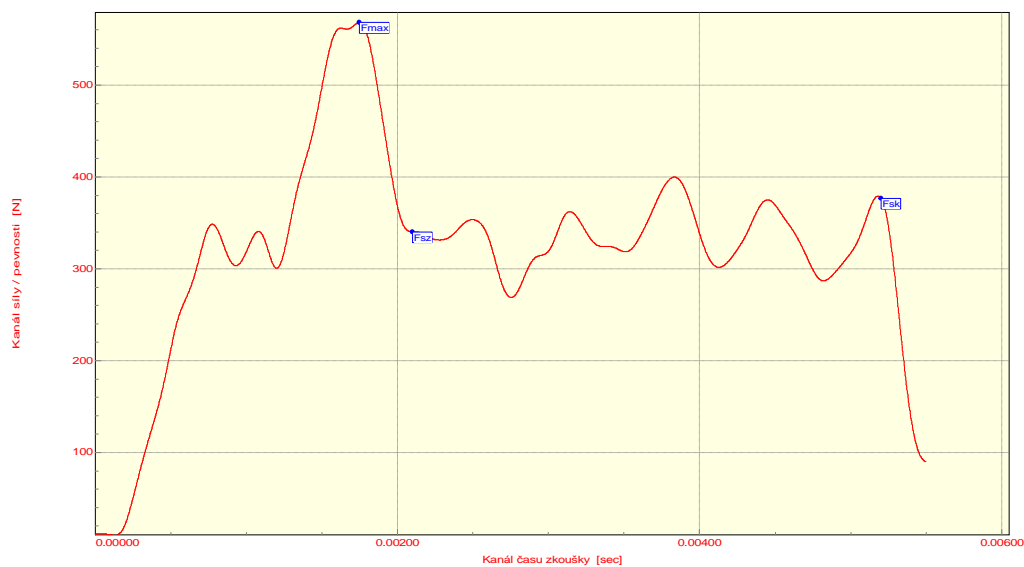
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	531.41	16.88
2	423.94	22.09
3	588.66	16.54
4	664.32	20.60
5	568.07	16.79

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	555.28	18.58
Směrodatná odchylka	88.02	2.58



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : KTL Škoda auto a.s. Mladá boleslav

Test při RT

Naměřené hodnoty

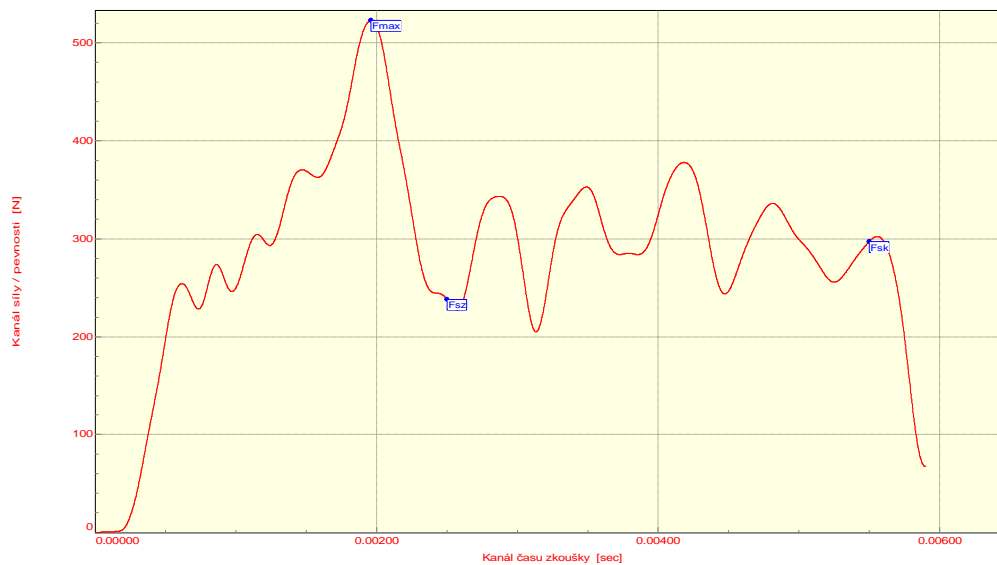
CF: : 100

SCF: :

AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	399.88	14.43
2	522.97	14.30
3	583.04	13.78
4	605.35	14.80
5	540.62	16.13

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	530.37	14.69
Směrodatná odchylka	79.98	0.89



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů

Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

RÁZOVÁ PEVNOST ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM DLE ISO 11343

VSTUPNÍ HODNOTY

Testované lepidlo: : Betaguard RB214BV
 Testovaný substrát: : HDG/NIT
 Testované mazivo: : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva: : 3g/m²
 Rozměr vzorku: : (20 x 30)mm

Příprava vzorku: Nanesení maziva, 60 min. prodleva, slepení vzorků

Vytvrzení : KTL Škoda auto a.s. Mladá boleslav, Stárnutí 60c dle PV 12.10

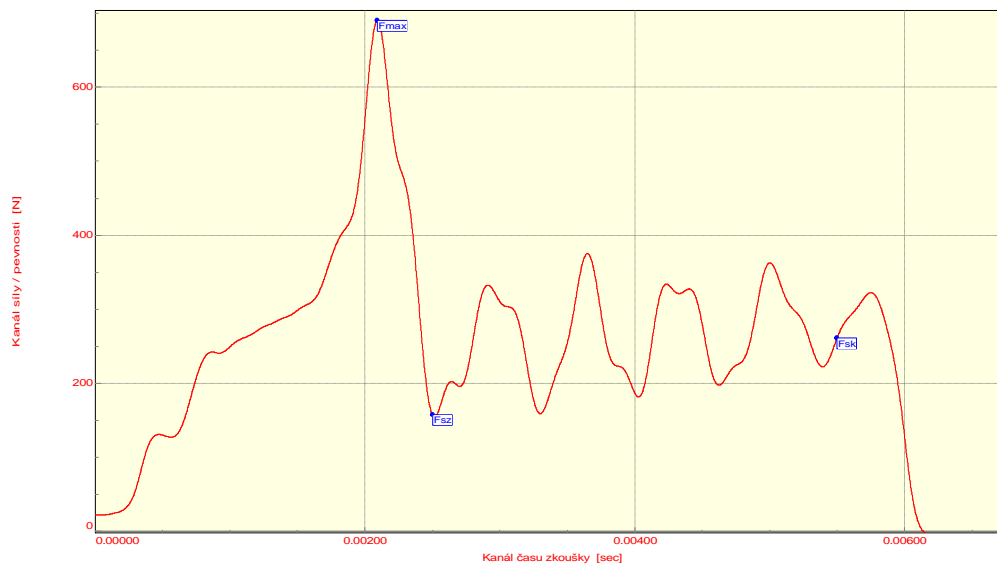
Test při RT

Naměřené hodnoty

CF: :
 SCF: : 10
 AF: :

Číslo zkoušky	Fmax N	Fs/mm N/mm
1	596.72	15.28
2	654.35	12.59
3	690.54	12.59
4	420.71	9.75
5	549.69	10.85

Statistická hodnota	Fmax N	Fs/mm N/mm
Počet zkoušek	5	5
Průměrná hodnota	582.40	12.21
Směrodatná odchylka	105.23	2.10



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů
 Studentska 2, 461 17, Liberec 1, CZ

<http://www.ksp.tul.cz>

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/200 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 27.5.2011

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date 27.5.2011

Signature

